கி. அ. திமிர்யாசெவ்

தாவரத்தின் வாழ்க்கை



К. Тимирязевъ

கிளிமேந்த் திமிர்யாசெவ்

தாவரத்தின் வாழ்க்கை

எளிதாகப் புரியக்கூடிய
பத்து விரிவுரைகள்

புரோகிரஸ் பதிப்பகம்
மாஸ்கோ

மொழிபெயர்ப்பாளர்: தோத்தாத்திரி

பதிப்பாசிரியர்: பூ. சோமசுந்தரம்

வாசக நேயர்களுக்கு

இந்தப் புத்தகத்தைப் பற்றியும் இதன் தயாரிப்பைப் பற்றியும் தங்கள் கருத்தை அறியவும், அடுத்துவரும் வெளியீடுகள் சம்பந்தமாகத் தங்கள் யோசனைகளை வரவேற்கவும் **புரோகிரஸ்** பதிப்பகம் மகிழ்வுடன் காத்திருக்கிறது.

கடிதங்களைத் தயை செய்து
"Progress Publishers, 21, Zubovsky Boulevard, Moscow, USSR" என்ற
முகவரிக்கு அனுப்புங்கள்.

К. А. Тимирязев

ЖИЗНЬ РАСТЕНИЯ

На тамильском языке

பொருளடக்கம்

வாசக நேயர்களுக்கு

இந்நூலின் மொழிபெயர்ப்பாளரது பெயரை **தோத்தாத்திரி** என்று திருத்திப் படித்துக் கொள்ள வேண்டுகிறோம். தவறுக்கு வருந்துகிறோம்.

பதிப்பகத்தார்

II. உயிரணு

III. விதை

IV. வேர்

V. இலை

VI. தண்டு

VII. வளர்ச்சி

VIII. பூவும் கனியும்

பரவுதலும். பழத்திலேயே விதை முளைக்கும் தாவரங்கள். விதை பரவுதல்: மஞ்சள் வேல், தொட்டால் சுருங்கி, பீச்சும் வெள்ளரி. காற்றின் மூலம் பரவுதல்: சிறகுக் கனி, கனிக்குடுமி. நீரின் மூலம் பரவுதல்: தேங்காய். விலங்குகளால் பரவுதல்: ஒட்டும் கனிகளும், உண்ணக் கூடியகனிகளும். மிஸல்டோ புல்லுருவி. தாஞக ஊன்றிக் கொள்ளல்: லினேரியா, இறகுப் புல். தாவரங்கள் அறிவுள்ளவையா? 308-350

IX. தாவரமும் விலங்கும்

தாவரத்துக்கும் விலங்குக்கும் உள்ள வேறுபாடு பற்றி நிலவும் தற்காலக் கருத்துக்கள். தாவரத்தில் இயங்குதிறன். புரோட்டோபிளாசம், இயங்கும் இனப்பெருக்க உயிரணுக்கள், இயங்கும் ஆண்பாலணுக்கள் ஆகியவற்றின் நுட்பமான இயக்கம். வெளிச் சூழ்நிலைகள் (வெப்பம், ஒளி) காரணமாக உயர் நிலைத் தாவரங்களில் நிகழும் இயக்கம். உணர் உறுப்புக்கள். இந்த இயக்கங்களுக்குரிய இயந்திர அமைப்பு. தாமாக இயங்கும் உறுப்புக்கள். வெவ்வேறு இயக்கங்களின் பிரயோசனம். தாவரங்களிலும் விலங்குகளிலும் இயக்கத்தின் உட்செயல் முறையில் உள்ள ஒற்றுமை. ஊட்டச் செயல் முறையில் உள்ள ஒற்றுமை. சுவாசச் செயல் முறையில் உள்ள ஒற்றுமை. சுவாசமும் நொதித்தலும். விலங்குகளிலும் தாவரங்களிலும் தூண்டுதல், உணர்ச்சி நீக்கம் ஆகிய நிகழ்ச்சிகளில் உள்ள ஒற்றுமை. தாவரத்துக்கு உணரும் திறன் உண்டா? விலங்கிற்கும் தாவரத்துக்கும் உள்ளவேறுபாடு பண்பு வேறுபாடல்ல, அளவு வேறுபாடு, தன்மையில் அல்ல, தரத்தில் உள்ள வேறுபாடு. சோதனை உடலியலின் விளைவுமொத்தம் இந்த விஞ்ஞானத்தின் பிரச்சினைகளை எல்லாம் தீர்த்துவிடவில்லை . 351-397

X. அங்கக வடிவங்களின் தோற்றம்

அங்கக வடிவங்களின் தகவமையும் தன்மையை அவற்றின் சரித்திரபூர்வமான வளர்ச்சிச் செயல்முறை கொண்டுதான் விளக்க முடியும். தொல்லுயிரியல், இயற்கை உருவ இயல், முளைக்கருவியல் ஆகியவை அங்கஜீவிகளுக்கிடையே பிறவி அடிப்படையில் உள்ள தொடர்பைக் காட்டுகின்றன. இனங்கள்

பின்னிணைப்பு: தாவரம் சக்தியின் மூலம் என்ற வகையில்

கிளிமேந்த் திமிர்யாஸெவும் “தாவரத்தின் வாழ்க்கை” என்னும் அவரது நூலும்

பிரபல ருஷ்ய இயற்கை விஞ்ஞானி கிளிமேந்த் திமிர் யாஸெவ் தாவர உடலியலை ஆராய்வதிலேயே தமது விஞ்ஞான உழைப்பை ஈடுபடுத்தினுர். இந்தத் துறையில் அவரது ஆராய்ச்சி நூல்கள் உலகம் முழுவதிலும் ஏற்கப்பட்டன. திமிர்யாஸெவ் பொருள்முதல்வாதத்தில் உறுதியான நம்பிக்கை கொண்டவர், டார்வின் கொள்கையின் ஆர்வமிக்க ஆதரவாளர், திறமை சான்ற ஆசிரியர், மக்களுக்கு எளிதில் விளங்கும் சிறந்த வகையில் விஞ்ஞானத்தை விளக்கியவர், கட்டுரையாளர்.

திமிர்யாஸெவின் விரிவான பல்துறைப் பணி ருஷ்ய விஞ்ஞான வளர்ச்சியின் அற்புதமான கட்டத்தில் நிகழ்ந்தது. 19ம் நூற்ருண்டின் இரண்டாம் பாதி பொருள்முதல்வாதக் கருத்துக்களும் இயற்கை விஞ்ஞானமும் ருஷ்யாவில் மலர்ச்சி பெற்ற காரணத்தால் குறிப்பிடத்தக்கதாக விளங்கியது. இவான் ஸேச்செனேவ் ‘‘மூளையின் மறிவினைகள்’’ என்னும் நூலில் மனிதனது உயர் நரம்புச் செயல்களுக்கு முதன் முதலாகப் பொருள்முதல்வாத விளக்கம் தந்தார். இல்யா மேச்னிக்கோவ் முளைக்கருவியல் துறையில் தமது ஆராய்ச்சி களின் மூலம், பூமியில் வாழும் எல்லா உறுப்புயிர்களும் ஒரே மூதாதையிலிருந்து தோன்றியவை என்ற டார்வினது அடிப்படைக் கருத்தை உறுதிப்படுத்தினர். இரசாயனத்

தனிமங்களின் ஆவர்த்தத் தொகுப்பை நிறுவிய திமீத்ரிய் மெந்தெலேயெவும் ''இயற்கையை மாற்றியமைத்த மாபெரும் விஞ்ஞானி'' இவான் மிச்சூரினும் விஞ்ஞான வரலாற்றில் ஒளிமிக்க பக்கங்களை இவ்வாண்டுகளில் தான் வரைந்தார்கள்.

திமிர்யாஸெவின் நூல்கள் பொருள்முதல்வாத இயற்கை விஞ்ஞானத்தின் வளர்ச்சிக்கு மிகப் பெரிய தொண்டு



கி. அ. திமிர்யாஸெவ் மாஸ்கோ பல்கலைக்கழகச் சோதனைக்கூடத்தில், 1898 ஆண்டு.

ஆற்றின. 18ம் நூற்றாண்டின் மத்தியிலிருந்து தொடங்கி அநேக நாட்டு விஞ்ஞானிகள் ஆராய்ந்துகொண்டிருந்த ஒரு பிரச்சினையில், அதாவது தாவரங்கள் காற்றிலிருந்து ஊட்டம் பெறுவது (ஒளிச் சேர்க்கை) பற்றிய பிரச்சினையில் அவர் கவனம் செலுத்தி இந்த நிகழ்முறையின் சாரத்தை முதன்முதலாக வெளிப்படுத்தினார். உலகில் உயிர்வாழ்க்கை

யின் ஊற்றுக்கண் ஆகிய சூரிய ஆற்றலின் சேமிப்பகம் என்ற வகையில் தாவரங்கள் ஆற்றும் பிரபஞ்ச முக்கியத் துவம் வாய்ந்த பங்கைத் திமிர்யாஸெவ் சான்று காட்டி நிரூபித்தார்.

திமிர்யாஸெவின் பெயர் முற்போக்காளர்களால் பெரி தும் மதிக்கப்படுவதற்குக் காரணம் அவர் விஞ்ஞானத்திற்குப் புரிந்த விலைமதிப்பற்ற தொண்டு மட்டுமே அல்ல. ஜன நாயகவாதியும் புரட்சியாளருமான திமிர்யாஸெவ் எதேச் சாதிகாரத்தையும் அநியாயத்தையும் தான்தோன்றித் தனத்தையும் எதிர்த்துச் சமரசமற்ற போராட்டத்தை இடைவிடாது நடத்திவந்தார். விஞ்ஞானத்தை மக்களின் தொண்டில் ஈடுபடுத்த அவர் முயன்றுவந்தார்.

* * *

திமிர்யாஸெவ் பீட்டர்ஸ்பர்க் நகரில் 1843ம் ஆண்டு பிறந்தார். அவருடைய தந்தை சிறு அதிகாரி. பிறப்பினால் மிகப் பழைய பிரபு வம்சத்தைச் சேர்ந்தவர். கொள்கையில் குடியரசுவாதி. குழந்தைப் பிராயத்திலேயே கிளிமேந்த் புரட் சிகர-ஜனநாயகவாதக் கருத்துக்களைக் குடும்பத்திலிருந்து பெற்றார். இயற்கைமீது பற்றும் அவர் உள்ளத்தில் மிகச் சிறு வயதிலேயே உண்டாகிவிட்டது.

1860ம் ஆண்டு கிளிமேந்த் திமிர்யாஸெவ் பீட்டர்ஸ் பர்க் பல்கலைக்கழகத்தின் பௌதிக-கணிதப் பிரிவில் இயற் கை விஞ்ஞானப் பகுதி மாணவராகச் சேர்ந்தார். ஆனால் அங்கே அவர் நீண்ட காலம் கற்கவில்லை. மாணவர்களின் கிளர்ச்சியில் பங்கெடுத்துக் கொண்டதற்காகவும் ராஜவிசு வாசப் பிரமாணத்தில் கையெழுத்திட மறுத்ததற்காகவும் திமிர்யாஸெவ் 1861ம் ஆண்டு பல்கலைக்கழகத்திலிருந்து விலக்கப்பட்டார். ஓர் ஆண்டு கழிந்த பின்னரே, அதுவும் வெளி மாணவராக, பல்கலைக்கழகம் திரும்புவது கிளிமேந்த் திமிர்யாஸெவுக்கு வாய்த்தது. பிற்காலத்தில், தொண்டு கிழவராக, உலகப் புகழ்பெற்ற விஞ்ஞானியாக விளங்கிய காலத்தில் அவர் தமது இளமைப் பருவத்தை நினைவுகூர்ந்து, அன்புக்குகந்த வேலையின் பொருட்டுத் தாம் கொள்கைகளைக்

[illegible]வில்லை என்பதை எண்ணி ஆழ்ந்த மனநிறைவு கொண்டார்.

பல்கலைக் கழகத்திலேயே திமிர்யாஸெவ் தாவர உடலியலைத் தமது தனித்துறையாகத் தெரிந்தெடுத்துக்கொண்டார். அவர் நாட்டம் செலுத்தியது விரிவுரைகளிலும் சோதனைக்



கி. அ. திமிர்யாஸெவின் படிப்பறை. (இப்போது மாஸ்கோவில் காட்சிச்சாலையாக இருக்கிற கி. அ. திமிர்யாஸெவின் குடியிருப்பு இடம்.)

கூடப் பயிற்சிகளிலும் மட்டுமே அல்ல. திட நம்பிக்கை கொண்ட டார்வின் கொள்கையினரான தாவரவியல் பேராசிரியர் அந்த்ரேய் பெக்கேத்தோவின் வீட்டில் வாரம் ஒரு முறை இளைஞர்கள் கூடுவார்கள். தமது ஆசிரியரின் அடிச்சுவட்டைப் பின்பற்றித் திமிர்யாஸெவ் டார்வினின் தீவிர ஆதரவாளர் ஆனார். மாணவராக இருக்கையிலேயே அவர் ''தாய்நாட்டுக் குறிப்புக்கள்'' என்னும் சஞ்சிகையில்

டார்வினைப் பற்றிக் கட்டுரைகள் வெளியிட்டார். பின்னர் இவை தனி நூலாகப் பிரசுரமாயின.

திமிர்யாஸெவ் படிப்படியாக முன்னேறி மிகச் சிறந்த திறமை வாய்ந்த மாணவர்களில் ஒருவர் ஆனார். ''பழுப்புப் பாசிகளின் வளர்ச்சி வரலாறு'' என்னும் அவருடைய நூலுக்கு **1864**ம் ஆண்டு தங்கப் பதக்கம் வழங்கப்பட்டது. **1866**ம் ஆண்டு திமிர்யாஸெவ் விஞ்ஞானக் காண்டிடேட் (பி எச். டி.) பட்டம் பெற்றுப் பல்கலைக்கழகக் கல்வியை முடித்துக்கொண்டார். தாவர உறுப்புயிரின் வாழ்க்கையை ஒரு விவரம் விடாமல் விரிவாக ஆராய்ந்து அறிவது, இந்த விஞ்ஞானத் துறையை விவசாயத்தின் அடிப்படையாக அமைத்து, அதன் மூலம் விவசாயியின் உழைப்பை அதிக உற்பத்தித் திறன் உள்ளதாக்குவது—இதையே இளம் விஞ்ஞானி தமது குறிக்கோளாகக் கொண்டார்.

பயிர்களின் விளைச்சலை அதிகரிப்பதில் இரசாயன உரங்களின் செல்வாக்குப்பற்றிய சோதனைகள் ருஷ்யாவில் முந்திய ஸிம்பீர்ஸ்க் குபெர்னியாவைச் சேர்ந்த ரெனியோவ்க்கா என்னும் சிற்றூரில் முதன் முதலாக நடத்தப்பட்டன. புகழ்பெற்ற இரசாயன விஞ்ஞானி திமீத்ரிய் மெந்தெலேயெவின் யோசனையின் பேரில் திமிர்யாஸெவ் அவதானிக் கையாளராக அந்தச் சிற்றூருக்குச் சென்றார். அங்கேதான் திமிர்யாஸெவ் ஒளிச்சேர்க்கை குறித்த ஆராய்ச்சியையும் தொடங்கினார். ஒளிச்சேர்க்கை ஆராய்ச்சியே அவரது வாழ்க்கையின் பிரதானப் பணி ஆயிற்று.

தாவர உலகம் பச்சையாக இருப்பது ஏன்? ஒளிச்சேர்க்கைத் துறையில் நீண்ட கால ஆராய்ச்சிகள் நடத்தியதன் விளைவாக, விஞ்ஞானிகள் பின்வரும் முடிவுக்கு வந்தார்கள்: காற்று தாவரங்களின் ஊட்ட ஊற்றுக்கண்ணாக விளங்குகிறது; பச்சை நிறம் உள்ளவையும் தாவரத் திசுக்களின் உள்ளே இருப்பவையுமான பச்சையம் எனப்படும் நுண்ணிய கணிகங்கள் சூரியக் கதிர்களின் பாதிப்பினால் காற்றிலுள்ள கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைக்கின்றன;[1]

[1] தற்காலக் கருத்துப்படி ஒளிச்சேர்க்கைச் செயல்முறை சற்று வேறுவிதமாக நிகழ்கிறது: கார்பனிக அமிலத்தைத் தாவரங்கள் சிதைக்காமலே தன்மயமாக்குகின்றன.

தாவரம் கார்பனைத் தன்மயமாக்குகிறது; இது சர்க்கரையாகவும் ஸ்டார்ச் என்னும் மாவுப்பொருளாகவும், அதாவது அங்ககப் பொருள்களாக, மாறுகிறது. ஆனால் பச்சை இலையில் என்ன நிகழ்கிறது? இந்தச் சிக்கலான செயல்கள் நிச்சயமாக எவ்வாறு நடக்கின்றன?

இலைகள் காற்றிலிருந்து ஊட்டம் பெறும் செயல்முறையை அவதானிப்பதற்கான கருவி ஒன்றை ஸிம்பீர்ஸ்க் குபெர்னியாவைச் சேர்ந்த ரெனியோவ்க்கா என்னும் சிற்றூரில் இருக்கும்போதே திமிர்யாஸெவ் அமைத்தார். பத்தாண்டுக் காலத்தில் இந்தக் கருவியை அவர் செவ்வைப்படுத்தினார்.

விரைவிலேயே திமிர்யாஸெவ் வேலைநிமித்தமாக வெளிநாடு செல்ல நேர்ந்தது. தலைசிறந்த மேற்கு ஐரோப்பிய இயற்கை விஞ்ஞானச் சோதனையாளர்களின் சோதனைக்கூடங்களில் அவர் வேலை செய்தார், பின்னர் ருஷ்யா திரும்பிக் கல்லூரி ஆசிரியராகப் பணியாற்றினார்.... மும்முரமான படைப்புத் தேட்டங்களும் பெருத்த விஞ்ஞானக் கண்டுபிடிப்புக்களும் நிகழ்ந்த ஆண்டுகள் இவை.

ஒளிச்சேர்க்கையில் நிர்ணயகரமான பங்கு ஆற்றுவது சூரிய நிறமாலையில் யாவற்றினும் ஒளிமிக்க மஞ்சள் கதிர்களே என்ற கருத்து விஞ்ஞானத்தில் வேரூன்றியிருந்தது; இது தவறு என்பதைத் திமிர்யாஸெவ் தமக்கே உரிய அனேகச் சோதனைகள் வாயிலாக நிரூபித்தார். இந்த நிகழ்முறையில் அதி தீவிரமாகப் பாதிப்பு விளைப்பவை நிறமாலையில் உள்ள செங்கதிர்களே என அவர் சான்று காட்டினார். இதிலிருந்து, தாவரங்களின் பச்சை நிறம் தற்செயலானது அல்ல, நிறமாலையிலுள்ள யாவற்றிலும் செயல்பாடு மிக்க கதிர்களை உட்கொள்வதற்குப் பரிணாமப் போக்கில் ஏற்பட்டுள்ள தகவமைப்பே என்ற முடிவுக்கு அவர் வந்தார். தாவரத்தால் தன்மயமாக்கப்படும் சூரிய ஒளியின் ஆற்றல் பசுங்கணிகத்தில் மறைந்த ஆற்றலாக மாறிவிடுகிறது.

திமிர்யாஸெவ் பச்சையத்தை ஆராய்வதற்கான தமது முறையைப் பயன்படுத்தி, கார்பனிக அமிலம் தன்மயமாக்கப்படுவதற்கும் ஸ்டார்ச் உருவாவதற்கும் இடையே நிலவும் தொடர்பை நம்பிக்கையூட்டும் வகையில் காட்டினார்.

இவை அனைத்தையும் பிற ஆராய்ச்சிகளையும் திமிர்யாஸெவ் டாக்டர் பட்டத்திற்காகத் தாம் எழுதிய ''தாவரத்தால் ஒளி தன்மயமாக்கப்படுதல்'' என்னும் ஆய்வுரையில் பொதுமைப்படுத்தினார். இந்த ஆய்வுரையை அவர் 1875ம் ஆண்டு சமர்ப்பித்துப் பட்டம் பெற்றார். அகாதமீஷியன் கமரோவ் பொருத்தமாகக் குறிப்பிட்டது போல, இந்த ஆய்வுரையில் திமிர்யாஸெவ் ''சூரியனுக்கும் பூமியில் உயிர் வாழ்க்கைக்கும் இடையேயும், இயற்கை விஞ்ஞானத்தின் இரு பெரும் போக்குகளான டார்வின் கொள்கைக்கும் சக்தி அழியாமை விதிக்கும் இடையேயும், உயிரியலுக்கும் பௌதிகத்துக்கும் இடையேயும் நிலவும் தொடர்பை அதன் அடியாழம்வரை துலக்கமாக வெளிக் காட்டிவிட்டார்.''

விஞ்ஞானம் திரளான பொதுமக்களுக்கு விளங்குமாறு செய்வதற்கும், அதை நடைமுறையுடன் பிணைப்பதற்கும் திமிர்யாஸெவ் வாழ்நாள் முழுவதும் பாடுபட்டு முயன்றார். விஞ்ஞானச் சோதனைகள் குடியானவர்களின் நிலங்களில் நடத்தப்பட வேண்டும், கிராம விவசாய-ரசாயனச் சோதனைக் கூடங்களும் இடத்துக்கு இடம் செல்லும் கல்வி இலாக்காக்களும் அமைக்கப்பட வேண்டும் என்று அவர் வலியுறுத்திக் கோரினார். தமது பொது விரிவுரைகளிலும் மாணவர்களுக்கு முன் நிகழ்த்திய விரிவுரைகளிலும் இந்தக் கருத்துக்களை அவர் விவரித்தார். குடியானவர்களின் தேவைகள் பற்றியும் விஞ்ஞான விவசாயத்தைச் செயல்படுத்துவதன் அவசியம் பற்றியும் மாணவர்களுக்கு எடுத்துரைத்தார். தனது அறிவை மக்களுக்குப் பயன்படுமாறு செய்வதே விஞ்ஞானியின் தலையாய கடமை என அவர் கருதினார்.

மாஸ்கோவில் சோதனைத் தாவரவியல் நிலையம் நிறுவுவதற்கான திட்டத்தைத் திமிர்யாஸெவ் 1885ம் ஆண்டில் முன்வைத்தார். ஜார் அரசாங்கம் இந்தத் திட்டத்தை நிராகரித்துவிட்டது. இதற்குப் பதினொரு ஆண்டுகள் கழிந்த பின்பே, நீஷ்னிய் நோவ்கரத் என்னும் நகரில் நடந்த அகில ருஷ்யத் தொழிற் பொருட்காட்சியில்தான், தாவரங்களுக்குக் கனிய ஊட்டம் அளிப்பது பற்றிய தமது சோதனைகளைக் காட்டுவதற்கான வாய்ப்புப் பெறுவது திமிர்யாஸெவுக்கு

[illegible] [illegible] பொருட்காட்சியில் அவர் நிகழ்த்திய விரிவுரைகளைத் திரளான மக்கள் கேட்டனர்.

வறட்சிக்கு எதிராகத் தாவரங்களின் போராட்டம் பற்றிய திமிர்யாஸெவின் ஆராய்ச்சிகளும் நடைமுறை விவசாயத்துக்கு மிகப் பெரிய முக்கியத்துவம் உள்ளவையாக விளங்கின.

டார்வினைப் பின்பற்றிய திமிர்யாஸெவ் அவரது நூல்களை ருஷ்யாவில் பரப்புவதற்குப் பெருந் தொண்டு ஆற்றினர். டார்வின் கொள்கையை எல்லோருக்கும் எளிதில் விளங்கும் முறையில் விவரிக்கும் அனேக நூல்களை அவர் வெளியிட்டார். டார்வின் கொள்கையைப் படைப்பு முறையில் விரிவுபடுத்தி வளமுறச் செய்தார். டார்வின் கொள்கையை எதிர்ப்பவர்களைத் திமிர்யாஸெவ் தமக்கே இயல்பான விட்டுக் கொடுக்காத மனப்பான்மையுடனும் உறுதியான கொள்கைப்பற்றுடனும் பத்திரிகைகளில் அடிக்கடி விமர்சித்தார். உயிரியலில் கருத்து முதல்வாதப் போக்கு விஞ்ஞானரீதியில் ஆதாரமற்றது என்பதை அம்பலப்படுத்தினர்.

உறுதியான நம்பிக்கை கொண்ட தீவிரப் பொருள் முதல்வாதியான திமிர்யாஸெவ் செயலூக்கம் மிக்க அரசியல் போராட்டக்காரராகவும் திகழ்ந்தார். 1876ம் ஆண்டு பெத்ரோவ்ஸ்க்காயா விவசாய அகாதமி மாணவர்கள் தங்கள் தலைமைக் குழுவின் பிற்போக்கு நடவடிக்கைகளை எதிர்த்த போது திமிர்யாஸெவ் புரட்சி மனப்பான்மை கொண்ட இளைஞர்களை ஆதரித்தார்.

திமிர்யாஸெவின் ஜனநாயகவாதத்திற்காகவும் உயர்ந்த கொள்கைப்பற்றுக்காகவும் இளைஞர்கள் அவர்பால் அன்பு செலுத்தினர். ஆனால் இந்தக் காரணத்தினலேயே அவர் அடக்குமுறைக்கு ஆளானர். 1892ம் ஆண்டு திமிர்யாஸெவ் பெத்ரோவ்ஸ்க்காயா அகாதமியின் ஆசிரியர் பதவியிலிருந்து நீக்கப்பட்டார். மாஸ்கோ பல்கலைக்கழகத்திலும் அவர் நிர்வாகிகளின் தாக்குதல்களுக்கு உள்ளானர். இந்தச் ''சிவப்புப் பேராசிரியர்'' மீது மறைமுகப் போலீஸ் கண்காணிப்பு ஏற்படுத்தப்பட்டது. போலீஸ் இலாக்காவில் பேராசிரியர் கிளிமேந்த் திமிர்யாஸெவ் பற்றிய ''அலுவலகக் குறிப்புக்கள்'' முறையாகப் பதிவு செய்யப்பட்டன.



மாஸ்கோவில் கி. அ. திமிர்யாஸெவின் நினைவுச் சிலை.

1146

[illegible] அடக்குமுறைகளின் [illegible] எல்லையில், 1905ம் ஆண்டு முதலாவது ருஷ்ய பூர்ஷ்வா-ஜனநாயகப் புரட்சிச் சக்திகள் செயல்படப் பக்குவம் அடைந்தபோது திமிர்யாஸெவ் நாளுக்கு நாள் அதிக மும்முரமாக அரசியல் போராட்டத்தில் ஈடுபடலானார். இந்தக் காலக்கட்டத்தில் அவர் கார்ல் மார்க்ஸின் நூல்களை ஆழ்ந்து பயின்றார், கடுமையான அனேக அரசியல் கட்டுரைகள் வெளியிட்டார். இந்தக் கட்டுரைகளில் அவர் ஜார் அரசாங்கத்தை அம்பலப்படுத்தினார். மனச்சான்று, கூட்டங்கூடுதல், பேச்சு ஆகியவற்றுக்கான சுதந்திரங்களும் மக்களுக்குப் பிரதிநிதித்துவமும் வழங்குமாறு கோரினார். நாட்டின் அரசியல் வாழ்வில் செயலூக்கத்துடன் பங்கெடுத்துக் கொள்ளும்படி விஞ்ஞானிகளை அறைகூவி அழைத்தார். 1905ம் ஆண்டுப் புரட்சி மும்முரமான கட்டத்தில் இருந்தபோது திமிர்யாஸெவ் கிளர்ந்தெழுந்த மக்கள்பால் தமது அனுதாபத்தை ஒளிவு மறைவின்றி வெளியிட்டார்.

முதலாவது உலக யுத்த ஆண்டுகளில் திமிர்யாஸெவ் இரத்தப்பெருக்கைத் தீர்மானமாகவும் ஆவேசத்துடனும் எதிர்த்தார், உலகப் போரை நிறுத்தும்படி கோரினார்.

1917ம் ஆண்டு நடந்த மாபெரும் அக்டோபர் சோஷலிஸப் புரட்சியைத் திமிர்யாஸெவ் பேருவகையுடன் வரவேற்றார். தமது ஆற்றல், அறிவு, அனுபவம் யாவற்றையும் அவர் விடுதலை பெற்ற மக்களின் தொண்டுக்கே அர்ப்பணித்தார். மக்கள் கல்விக் கமிஸாரகத்தைச் சேர்ந்த அரசாங்க விஞ்ஞான ஆலோசனைக் குழுவில் அவர் பணியாற்றினார். சோஷலிஸ்ட் அகாதமியின் உறுப்பினராகத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டார். 1919ம் ஆண்டு ருஷ்யாவில் ஆங்கிலேயர்களின் இராணுவத் தலையீட்டுக்கு எதிர்ப்பு தெரிவிப்பதற்காக அவர் கேம்பிரிட்ஜ் பல்கலைக்கழகத்தின் கௌரவ டாக்டர் பட்டத்தைச் சவால் விடுக்கும் முறையில் துறந்தார். மாஸ்கோ-கூர்ஸ்க் இருப்புப் பாதைத் தொழிலாளர்கள் திமிர்யாஸெவைத் தொழிலாளர்கள், குடியானவர்கள், செம்படைவீரர்களின் பிரதிநிதிகள் அடங்கிய மாஸ்கோ சோவியத்துக்குத் தங்கள் தொகுதி உறுப்பினராகத் தேர்ந்தெடுத்தார்கள்.

1920ம் ஆண்டு ஏப்ரல் மாதம் 28ந் தேதி திமிர்யாசெவ் மாஸ்கோ நகரில் காலமானார். ''விஞ்ஞானமும் ஜனநாயகமும்'' என்ற திமிர்யாசெவின் புதிய நூலைப் படித்த லெனின் அவருக்கு எழுதிய கடிதம் காலமாவதற்குச் சில மணி நேரம் முன்பு அவரிடம் சேர்க்கப்பட்டது. ''... பூர்ஷ்வா வர்க்கத்துக்கு எதிராகவும் சோவியத் ஆட்சியை ஆதரித்தும் தாங்கள் எழுதியுள்ள குறிப்புக்களைப் படித்து நான் பெருவகையில் திளைத்தேன். ஆர்வத்துடன், மிக ஆர்வத்துடன் தங்கள் கையைப் பற்றிக் குலுக்குகிறேன், தாங்கள் உடல்நலமடைய வேண்டும், உடல்நலமடைய வேண்டும், உடல்நலமடைய வேண்டும் என்று உளமார விழைகிறேன்!'' என்று திமிர்யாசெவுக்கு எழுதினார் லெனின்.

இந்தக் கடிதம் முதிய விஞ்ஞானியின் உள்ளத்தை மிகவும் உருக்கிவிட்டது. அவர் தமது மருத்துவரிடம் சொன்னார்: ''லெனினிஸத்தைக் கடைப்பிடிக்கும் போல்ஷெவிக்குகள் மக்களின் இன்பத்தின் பொருட்டுப் பாடுபடுகிறார்கள், மக்களை இன்பத்துக்கு இட்டுச் செல்வார்கள் என்று நான் உறுதியாக நம்புகிறேன்.''

* * *

1875-76 ஆண்டுக் குளிர்காலத்தில் மாஸ்கோ பல்தொழில் நுணுக்க மியூசியத்தில் திமிர்யாசெவ் ஆற்றிய பல்லோருக்கும் எளிதில் விளங்கும் விரிவுரைத் தொடர் ''தாவரத்தின் வாழ்க்கை'' என்னும் இந்த நூலில் அடங்கியுள்ளது. இவ்விரிவுரைகள் பலதரப்பட்ட பொதுமக்களின் அக்கறையைக் கவர்ந்தன. விரிவுரைகள் நிகழ்ந்த ஹால் ஜனங்களால் செம்மச் செம்ம நிறைந்து வழிந்தது. திமிர்யாசெவின் விரிவுரைகளைக் கேட்பதற்காகப் பல்தொழில் நுணுக்க மியூசியத்தில் கூடியிருந்தவர்களிடையே மாணவர்கள், தொழிலாளிகள், பள்ளி ஆசிரியர்கள், விவசாய நிபுணர்கள், விஞ்ஞானிகள், எழுத்தாளர்கள் முதலிய பல்வகைப்பட்ட மக்களைக் காணலாம். தாவரத்தின் வாழ்க்கை பற்றிய திமிர்யாசெவின் விரிவுரைகள் இவர்களை எதனால் கவர்ந்தன?

[illegible], தனக்கே உரிய பாணியில் அமைந்த [illegible] செவ்வையான உருவமும் கொண்ட இந்த விரிவுரைகள், மக்களுக்கு எளிதில் விளங்கும், தெளிவாக உருவகப்படுத்தும் மொழியில் தூய விஞ்ஞானப் பிரச்சினைகளை விவரிக்கும் திறமைக்கு இன்றுகூட ஆதர்சமாக விளங்க வல்லவை.

திமிர்யாஸெவின் விரிவுரைகளின் விஷயம் மிகமிகத் தனிவகையான தன்மை கொண்டது என்று தோன்றக்கூடும்: உயிரணு, அதன் ஊட்டத்திற்கான இயந்திர அமைப்பு ஆகியவற்றிலிருந்து தொடங்கித் தாவர உறுப்புயிரின் வெளி, உள் கட்டமைப்பை அவர் கேட்போருக்கு அறிமுகப்படுத்துகிறார்; தாவரத்தின் தனித் தனிப் பகுதிகளை நுணுக்கமாக ஆராய்கிறார். ஆனால் இந்தத் தனிவகைப்பட்ட விஷயங்கள் பற்றித் திமிர்யாஸெவ் உயிரோட்டமுள்ள, உத்வேகமூட்டும், கவிதைப்பாங்கான நடையில், கலைஞனின் மொழியில் பேசுகிறார்.

தாவர உடலியல் பற்றிய விரிவுரைகளின் போது புத்திசாதுரியமுள்ள துலக்கமான சோதனைகளையும் முதன் முதலாக நிகழ்த்திக்காட்டத் தொடங்கியவர் திமிர்யாஸெவ் தாம். கார்பனிக அமிலம் தன்மயமாக்கப்படுவதை விளக்கும் குறிகாட்டி இயந்திரம் இயங்குவது கூடியிருந்தவர்கள் மீது பெருத்த உளப்பதிவை ஏற்படுத்தியது: சோதனைக்கு உட்படுத்தப்பட்ட தாவரத்தில் கார்பனிக அமிலச் சேமிப்பு தீர்ந்து போனதும் இந்த இயந்திரத்தில் அமைக்கப்பட்டிருந்த மணி அடிக்கத் தொடங்கும். இன்னொரு கருவி வளர்ச்சியின்போது தண்டின் இயக்கத்தைத் துலக்கமாகத் தென்படும் பொருட்டுப் பெரிதாக்கப்பட்ட அளவுகளில் காட்டியது. ''தனித்தனி நாட்களில் தான் எப்படி வளர்ந்தது என்பதைச் செடி குறிப்பிடும்படி நீங்கள் செய்யலாம்'' எனக் கூறினார் திமிர்யாஸெவ். இந்தச் சோதனைகள் காரணமாக அவருடைய விரிவுரைகள் சிறப்பாக நம்பிக்கையூட்டின.

தாவரத்தின் வாழ்க்கை பற்றி விரிவுரைகள் நிகழ்த்தியதன் வாயிலாக, உயிரியலில் பொருள்முதல்வாதப் போக்கைத் தாங்கிப் பேசுவதற்கும் டார்வின் கொள்கையைப் பரப்புவதற்கும் பல்தொழில் நுணுக்க மியூசியத்தின் பிரசங்க

முறையைத் திமிர்யாஸெவ் பயன்படுத்திக் கொண்டார். டார்வினின் போதனை நவீன உடலியல் மாளிகையின் தோரண வாயிலாகத் திகழ்கிறது என்றும் ''உறுப்புயிர் களின் தோற்றத்தையும் அவற்றின் செவ்வைப்பாட்டுக்குரிய காரணத்தையும் பற்றிய பிரச்சினையை விளக்குவதற்குத் தேடிப் பெற்ற திறவுகோலாக விளங்குகிறது''[1] என்றும் அவர் கூறினார்.

இயற்கை விஞ்ஞானத் துறையில் தமக்குள் போராடும் பொருள் முதல்வாதம், கருத்து முதல்வாதம் என்னும் இரண்டு விஞ்ஞானப் போக்குகளின் தன்மையைத் தெளி வாகச் சித்திரித்துவிட்டுத் திமிர்யாஸெவ் பின்வருமாறு முடிவு செய்கிறார்: ''உறுப்புயிர்கள் இயல்பிலேயே மாறக் கூடி யவை என்றும் அவை தாமே ஒன்றிலிருந்து ஒன்று தோன் றியவை, அதிகச் சிக்கல் அல்லது எளிமை அடைந்து கொண் டும், ஆனால் இடைவிடாமல் செவ்வையாகிக்கொண்டும் வரு பவை என்றும் உறுதியாக நம்புபவர்களுக்கு மட்டுமே 'உறுப் புயிர் வடிவங்கள் எவ்வாறு தோன்றின, தங்கள் செயல் களுக்கும் சூழ்நிலைக்கும் ஏற்ப அவை இவ்வாறு தகவமைப்பு பெற்றிருப்பது ஏன்?' என்ற கேள்வி நிலவ முடியும்.''[2]

திமிர்யாஸெவ் தமது விரிவுரைகளில் நிகழ்ச்சிகளையும் உண்மைகளையும் விளக்குவதுடன் நின்றுவிடவில்லை. மனிதன் இயற்கையின் வாழ்வில் ஊக்கத்துடன் தலையிட வேண்டும், தாவரங்களின் வாழ்க்கைச் செயல்களைக் குறித்த திசையில் செலுத்துவதன் வாயிலாக அவற்றின் ஒரு அல்லது மறு வகைப் பண்புகளை மாற்ற வேண்டும் என அவர் அறைகூவி அழைத்தார். மாணவராயிருந்த காலம் முதல் ஆயுள் முழு வதும் தமக்குக் கிளர்ச்சியூட்டிக் கொண்டிருந்த ஒரு பிரச் சினையை இந்த விரிவுரைகளிலும் திமிர்யாஸெவ் கேட்பவர் களுக்கு முன்வைத்தார். தாவர இயலை, அம்சரீதியாகத் தாவர உடலியலை நடைமுறை நோக்கங்களுக்கு, விளைச்சலை அதிகப்படுத்துவதற்கு, முன்னர் ஒரு தானியக் கதிர் விளைந்த இடத்தில் இரண்டு தானியக்கதிர்களை விளைவிப்பதற்குப் பயன் படுத்துவதன் இன்றியமையாமையை அவர் எடுத்துக் கூறினார்.

---

[1] இதே நூல், பக்கம் 440.
[2] இதே நூல், பக்கம் 66.

''வாழ்க்கை விதிகளை அறிந்துகொண்ட பின்பே, தாவரம் தன் நோக்கங்களை எவ்வாறு அடைகிறது என்பதை ஆராய்ச்சிகள் அல்லது பரிசோதனைகளின் மூலம் தெரிந்து கொண்ட பின்பே, அதன் நடவடிக்கையை நமது நலனுக்கு ஏற்ப நாம் திருப்பி அது சிறந்த ஏராளமான பயன்களை வழங்கும்படி செய்ய முடியும். தாவர உடலியல் விவசாயத்திற்கு அடிப்படையாக அமைய வேண்டும் என்று தெளிவாகிறது''[1] என்று திமிர்யாஸெவ் கூறினார்.

தாவரத்தின் வாழ்க்கை பற்றிய திமிர்யாஸெவின் விரிவுரைகள் 1878ம் ஆண்டு தனி நூலாக வெளியிடப்பட்டன. ருஷ்ய மொழியில் இந்த நூலின் இருபது பதிப்புக்கள் வெளியாகியுள்ளன. ஆண்டுகள் கழிந்த போதிலும் இந்த நூலின் பால் மக்களின் ஆர்வம் குன்றவில்லை. ''தாவரத்தின் வாழ்க்கை'' என்னும் நூலைப் பல்வேறு தொழில்கள் செய்பவர்களும் வெவ்வேறு வயதினருமான மக்கள் விருப்புடன் படிக்கிறார்கள். இளைஞர்களின் தலைமுறைகள் இந்த நூலால் பயிற்றப்பட்டுள்ளன. பிற மொழிகளில் பெயர்க்கப்பட்டு இந்நூல் உலகின் எத்தனையோ நாடுகளில் வெற்றி உலா வருகிறது.

''தாவரத்தின் வாழ்க்கை'' என்னும் இந்த விரிவுரைத் தொடரைத் திமிர்யாஸெவ் நிகழ்த்தித் தொண்ணூறு ஆண்டுகள்—அநேகமாக ஒரு நூற்றாண்டு—கழிந்துவிட்டது. இதற்கிடையே தாவர உடலியலையும் உள்ளிட்ட விஞ்ஞானம் புதிய கண்டுபிடிப்புக்களால் வளமடைந்திருக்கிறது. ஆனால், இருபதாம் நூற்றாண்டின் இரண்டாம் பாதியில் அடையப்பட்டுள்ள அறிவுத் தரத்திலுங்கூட இந்த நூல் தனது முக்கியத்துவத்தை இழந்துவிடவில்லை. இது முற்றிலும் தற்காலத்துக்கு இயைந்தது, ஏனெனில் திமிர்யாஸெவ் நெடுந்தூரம் முன்னே பார்வையைச் செலுத்தியுள்ளார்.

டார்வினின் போதனையை விரிவுபடுத்தித் திமிர்யாஸெவ் பின்வருமாறு சுட்டிக்காட்டினார்: தாவர உறுப்புயிர்களின் வாழ்க்கை நிலைமைகளை இயக்குவது அதே சமயம் அவற்றின் பாரம்பரியத்தை இயக்குவது ஆகும். தாவரங்களின் தேவை

---

1 இதே நூல் பக்கம் 37.

களை ஆராய்ந்து அறிந்து அவற்றை நிறைவேற்றுவதும், தம் தேவைகளை அவசியமான திசையில் மாற்றுவதும், உயிர்களின் பாரம்பரியத்தில் குறித்த நோக்கத்தின் பொருட்டு மாறுதல் செய்வதும் விஞ்ஞான விவசாயத்தின் கடமை ஆகும். பாரம்பரியத்தின் மூலக்கூறு அடிப்படை யடகத்தைப் ஆயும் இந்தத் துறையில் நுண்ணிய உயிர் இர சாயன ஆராய்ச்சிகள் நடத்தும் பிறப்பியலின் சாதனைகளை அடிப்படையாகக்கொண்டு பற்பல விவசாயப் பயிர்களின் மதிப்பை உயர்த்தும் குறிக்கோளுடன் பாரம்பரியத்தைக் குறித்த நோக்கத்தின் பொருட்டு மாற்ற நவீன விவசாய உயிரியல் அறிந்துகொண்டிருக்கிறது.

விஞ்ஞானம் குடியானவர்களின் வயல்களுக்கு வந்து விட்டது. சோவியத் யூனியனின் உதாரணம் இதைத் தெற்றெனை எடுத்துக் காட்டுகிறது. ஜாராட்சி ருஷ்யாவில் விஞ்ஞான ஆராய்ச்சி, சோதனை விவசாய நிலையங்கள் சிற் சிலவே இருந்தன. இன்றோ, சோவியத் யூனியனில் இத்தகைய நிலையங்கள் சுமார் ஏழாயிரம் உள்ளன.

வறட்சியுடன் போராடும் பிரச்சினை ஆகட்டும், ஹைட் ரோபோனிக்ஸ் எனப்படும் மண்ணின்றிப் பயிர் செய்யும் முறை ஆகட்டும், செயற்கையாக ஒளிச்சேர்க்கை ஏற்படுத் தும் மர்மத்தை அறிந்துகொள்வது போன்ற மிக முக்கிய மான பிரச்சினை ஆகட்டும், எதை நாம் ஆராய்ச்சிக்கு எடுத்துக்கொண்டாலும் கிளிமேந்த் திமிர்யாஸெவை— சலியாத ஆராய்ச்சியாளர், துணிவுவாய்ந்த புதுப்புனைவாளர், விஞ்ஞானத்தை மக்களின் தொண்டுக்குப் பயன்படுத்து வதைக் குறிக்கோளாகக் கொண்ட விஞ்ஞானப் பிரஜை ஆகிய கிளிமேந்த் திமிர்யாஸெவை—நினைவுகூர்கிறோம்.

அ. லொஷேச்கோ

தாவரத்தின் வாழ்க்கை

I

விஞ்ஞானமும் சமூகமும். தாவரத்தின் உள், வெளிக் கட்டமைப்பு

பொது மக்களின் தாவரவியல் பற்றிய குறைவான அறிவு. இரு பிரிவுகளாக உள்ள பழங்காலத் தாவரவியல் அறிஞர்கள். தற்கால விஞ்ஞானப் போக்கு. இயற்கை உருவ இயலும் உடலியலும், உருவமும் உயிரும். தாவரவியல் மற்றவற்றை விடப் பின்தங்கி இருக்க இரு காரணங்கள்: தர்க்க ரீதியான காரணம், நடைமுறைக் காரணம். கலையும் விஞ்ஞானமும். விவசாயமும் தாவர உடலியலும். விஞ்ஞானத்திற்கும் சமூகத்துக்கும் இடையே நிலவும் பரஸ்பர உறவு.

பூக்கும் தாவரத்தின் வெளியுறுப்புக்களின் பார்வையீடு. உரு மாற்றம். விதைத்தூள் பெற்றுள்ள தாவரங்கள் விதையுள்ள தாவரங்களைவிடப் பழங்காலத்தவை, எளிமையான கட்டமைப்பு உடையவை. விதைத்தூள்—உயிரணு. உயிரணு—இதுதான் ஒவ்வொரு அங்கஜீவிக்கும் அடிப்படையும் ஆரம்பமும் ஆகும். அங்கஜீவிகளின் தோற்றத்திற்கும் இவ்வுண்மைகளுக்கும் உள்ள தொடர்பு. இப்புத்தக விஷயம்.

தாவரத்தின் வாழ்க்கை பற்றி நிலவும் அடிப்படையான உண்மைகளை இது போன்ற பெருந்தொகையான மக்கள் அடங்கிய கூட்டத்திற்கு முன்பாக யாவருக்கும் விளங்கும் முறையில் கூற ஒரு தாவர உடலியல் அறிஞனுக்குச்

சந்தர்ப்பம் கிடைத்திருப்பது மாஸ்கோவில் இதுவே அனேகமாக முதல் தடவையாகும். இவ்வுரையின் அசாதாரணத் தன்மையை மனதில் கொண்டு, விஞ்ஞானத்தின் தற்கால நிலையையும் சமூகத்துக்கும் அதற்கும் உள்ள உறவையும் பற்றிச் சிறிது கூறினுல் மிகையாகாது என எண்ணுகிறேன். தாவரவியலைப் போல விஞ்ஞானத்தின் வேறு எந்தப் பிரிவையும் பற்றி இவ்வளவு குழப்பமான கருத்துக்கள் இரா என்று கூறுவதில் தவறு ஒன்றுமில்லை எனக் கருதுகிறேன். எனவே சமூகம் இப்பிரிவின்பால் அசிரத்தை காட்டுவதும் இயற்கை விஞ்ஞானத்தின் வேறு எந்தப் பிரிவையும் விடத் தாவரவியல் சமூகத்தின் ஆர்வத்தை மிகக் குறைந்த அளவே தூண்டியிருப்பதும் நன்கு புரியக்கூடியவையே. நீண்ட காலத்திற்கு முன்னுல்—க்ரிபயேதோவ்[1] காலத்தில் மாஸ்கோவில் மக்கள் வியப்புடன், அனேகமாக இகழ்ச்சியுடன் கீழ்க் கண்டவாறு கூறினர்:

''இரசாயனி, தாவர இயலான், என்
மருகன் பியோதர் இளவரசன்.''

ஆனுல் இயற்கை விஞ்ஞானத்தின்பால் தற்பொழுது ஆர்வம் இருந்தாலும்கூட, இரசாயன இயல் அறிஞன், உடலியல் அறிஞன், தரை இயல் அறிஞன் ஆகியோர்தாம் மதிப்பிற்குரிய இடத்தைப் பெற வாய்ப்பிருக்கிறது. தாவரவியல் அறிஞனுக்கு இவ்வாய்ப்பு இல்லை. இச்சூழ்நிலையை நான் குறிப்பிட்டுக் காட்ட விரும்புகிறேன்.

---

[1] க்ரிபயேதோவ் அ. ஸெ. (1795-1829)—ருஷ்ய நாடகாசிரியர், கவிஞர், அரசதூதர். ''அறிவால் விளைந்த அல்லல்'' என்னும் மிகப் பிரசித்தமான நகைச்சுவை நாடகம் எழுதியவர். 19ம் நூற்றுண்டின் தொடக்கத்தில் மாஸ்கோவில் இருந்த பிரபுவம்சத்தினர், நிலச்சுவாந்தார்கள் குழுக்களைச் சேர்ந்த பிற்போக்கான பகுதிகளின் வாழ்க்கை முறையையும் பழக்கவழக்கங்களையும் பற்றிய நையாண்டிச் சித்திரம் இந்த நாடகத்தில் தரப்பட்டிருக்கிறது. கல்வியின்பாலும் மக்களின் சமுதாய, உள முன்னேற்றத்தின்பாலும் இந்தப் பிற்போக்காளர்கள் கடைப்பிடித்த பகைமை நிறைந்த போக்கு இந்நாடகத்தில் அம்பலப்படுத்தப்பட்டிருக்கிறது. —(ப-ர்.)

தாவரவியல் அறிஞன் என்ற சொல் எண்ணற்ற மக்களின் மனதிலும், நன்கு படித்த ஆனால் விஞ்ஞானம் தெரியாத மக்களின் மனதிலும், பின்வரும் இரு கருத்துக்களில் ஒன்றைத் தோற்றுவிக்கிறது என்று நான் சொன்னால் அது உண்மைக்கு அதிகப் புறம்பாக இருக்காது என எண்ணுகிறேன்: தாவரவியல் அறிஞன் என்பவன் சலிப்பூட்டும் அகராதிப் பண்டிதன்; இரட்டையான, பெரும்பாலும் முரட்டு லத்தீன் பெயர்களை அள்ள அள்ளக் குறையாத பொக்கிஷமாக வைத்திருப்பவன்; அவ்வறிஞன் எப்படிப்பட்ட தாவரத்தையும் அரைகுறையாகப் பார்த்தவுடனேயே அதன் பெயரைச் சொல்லிவிடுவான்; சட்டென்று எந்தத் தாவரத்தின் மருத்துவப் பண்புகளையும் (முற்றிலும் தவறாகக்) கூறி விடுவான்; இவ்வித அறிஞனுடன் பேசுவதே சலிப்புத் தருவதாக இருக்கும்; அவனால் இந்தத் துறையில் எந்த வித ஆர்வத்தையும் தோற்றுவிக்கவே முடியாது. இது ஒரு கருத்து. மற்றொரு கருத்து: **தாவரவியல் அறிஞன்** என்னும் சொல் இவ்வளவு கருங்கும்மென்று இராத மனிதனைக் குறிக்கிறது: அவன் பூக்களை நேசிப்பவன்; வண்ணாத்திப் பூச்சியைப் போன்று பூவிற்குப் பூ சென்று கொண்டிருப்பான்; அவற்றின் பளிச்சிடும் வண்ணங்களை ரசித்துக் கொண்டிருப்பான்; அவற்றின் வாசனையை முகர்ந்து கொண்டிருப்பான். பெருமை மிக்க ரோஜாப் பூவையும், விசேஷச் சிறப்பு இயல்புகள் இல்லாத வயலெட் பூவையும் புகழ்ந்து பேசுவான். சுருங்கச் சொன்னால் அவன் *amabilis scientia*[1] வின் (இப்பெயரில் தான் தாவரவியல் பழங்காலத்தில் வழங்கி வந்தது) நேர்த்தியான பக்தன். இந்த இரு வேறு வகையினருடன்தான் தாவரவியல் என்ற சொல்லைப் பல தரப்பட்ட மக்கள் இணைத்துப் பார்த்தனர். என்னுடைய சொந்த அனுபவத்திலிருந்தே இது எனக்கு தெரியும்! எனவே தாவரவியல் அறிஞன் என்பவன் பெயர் அகராதிப் பண்டிதனாகவோ, அல்லது தோட்டக்கலையில் ஆர்வமுள்ளவனாகவோ அல்லது பச்சிலை மருந்து விற்பவனாகவோ அல்லது கலாரசிகனாகவோ இருப்பான். ஆனால் அவன் எந்த விதத்திலும்

[1] இனிய விஞ்ஞானம். —(ப-ர்.)

விஞ்ஞானியாக இருக்க முடியாது. உண்மையான விஞ்ஞானி மேற்குறித்த இரு வகையினருக்கும் பின்னே மறைந்திருக்கிருன். விஞ்ஞான ரீதியான தாவரவியல் அறிஞன் என்று ஒருவன் இருக்கிருனு என்ன? சரி, தாவரவியல் என்பது எப்படிப்பட்ட விஞ்ஞானம்? அதன் நோக்கங்கள் யாவை? எந்தக் கருத்துக்களால் அது இயக்கப்படுகிறது? பொதுவாகவே ஏதேனும் கருத்துக்களால் இயக்கப்படுகிறதா என்ன? பொது மக்களுக்கு இவை எல்லாம் தெரியாமல் இருந்தால், அதற்குரிய காரணத்தின் ஒரு பாதி தாவரவியல் அறிஞர்களும் மற்ருெரு பாதி விஞ்ஞானத்தின் சரித்திரபூர்வமான வளர்ச்சியும் தான் ஆகும். நாம் இப்பொழுது இந்த விஷயங்களை ஆராய்வோம்.

உயிருள்ள அங்கக இயற்கை நம்மை இரட்டை வேடங்களில் சந்திக்கிறது. அதனை நாம் தாவரங்கள், விலங்குகள் ஆகியவற்றின் உடல் வடிவத்தில் காண்கிருேம். இதே போல் அதனை நாம் நிகழ்ச்சிகளில், அதாவது உயிரின் வடிவத்தில் காண்கிருேம். உயிருள்ளவற்றை நாம் அங்கஜீவி என அழைக்கிருேம். ஏனென்ருல் அவற்றின் உடல்கள் அங்கங்கள் அல்லது கருவிகளால் ஆக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஒவ்வொரு உறுப்பிற்கும், ஒவ்வொரு கருவிக்கும் ஒரு குறிப்பிட்ட செயல் உண்டு, அதே சமயத்தில் அங்கஜீவியின் பொது வாழ்க்கையுடனும் தொடர்பு உண்டு. உறுப்புக்களை அவற்றின் செயல்களிலிருந்து பிரித்துத் தனியாக ஆராய்வது அல்லது அங்கஜீவிகளை அவற்றின் வாழ்க்கை முறையிலிருந்து தனிமைப்படுத்தி ஆராய்வது எவ்வாறு முடியாத காரியமோ, அவ்வாறு இயந்திரத்தின் ஒரு பகுதியையும், அதன் பாகங்களையும் தனித் தனியாக, அவற்றின் வேலைகளை ஒதுக்கி விட்டு ஆராய்வது முடியாத காரியம் ஆகும். ஏதேனும் ஒரு இயந்திரத்தின், உதாரணமாகக் கடிகாரத்தின் உறுப்புக்கள் பற்றிய வருணனையை, அவை செய்யும் வேலை குறித்த விளக்கம் இல்லாமல் ஆராய்வதற்கு யாருக்குப் பொறுமை இருக்கும்? இத்தகைய ஆராய்ச்சி சலிப்பூட்டுவது மட்டும் அல்ல, பயனற்றதும் ஆகும். இதே போன்று, இயந்திரத்தின் அமைப்பு பற்றி நன்கு தெரிந்துகொள்ளாமல், அதன் வேலைகளையும் நாம் அறிந்துகொள்ள முடியாது. எனவே

கூறியுள்ள இரு விதமான, தான் தோன்றித்தனமான நிலைகளிலிருந்து, அதாவது உடல் என்ற வகையி நிகழ்ச்சிகள் என்ற வகையிலும் தனித்தனியாக அங்க யைப் பற்றி ஆராய்வது என்பது செயற்கையானது, ப் பொருத்தம் அற்றதுங்கூட என்பது இதிலிருந்து ளிவாகிறது. இது போன்ற செயற்கைத் தன்மை பொருந்திய நோக்கு நிலைகளும், அவற்றை ஒட்டிய விஷயப் பாடும் விஞ்ஞானத்தில் நீண்ட காலமாகவே நிலவி வரு ன்றன. உயிரினங்களைப் பற்றி ஆராயும் விஞ்ஞானமான ரியல் இரண்டு கிளைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டது: (1) உருவங் ள் பற்றி ஆராயும் பிரிவு, இதற்கு உடலமைப்பியல் என்று பெயர், அல்லது இன்னும் விரிவான அர்த்தத்தில் **இயற்கை உருவ இயல்** என்று பெயர்; (2) உயிரினங்களின் உடல்களில் நிகழும் நிகழ்ச்சிகளைப் பற்றி, அதாவது வாழ்க்கை பற்றி ஆராயும் பிரிவிற்கு **உடலியல்** என்று பெயர். இவ்விதப் பாகுபாடு கீழ்க்கண்ட மூன்று காரணங்களால் தோன்றியது: ஏராளமாகக் கிடைத்துள்ள விவரங்களைக் கையாள வேலைப் பாகுபாடு முறையை இந்த விஞ்ஞானத்திலும் பயன்படுத்த வேண்டும் என்ற சூழ்நிலை ஏற்பட்டது ஒரு காரணம். இந்த விஞ்ஞானத்தில் ஆராய்ச்சிக்குக் கையாளப்படும் முறைகளில் உள்ள வேறுபாடு மற்றொரு காரணம். இந்த விஞ்ஞானத்தில் இரு பிரிவுகளுக்கும் உள்ள நோக்க வேறுபாடு இன்னுமொரு காரணம். இதன் ஒரு பிரிவு அவதானிப்பும் வர்ணனையும் செய்கிறது. மற்றொன்றோ பரிசோதனை செய்து விளக்கம் தருகிறது. இந்தப் பிரிவு செயற்கையானது என்பதற்கு அதை ஒருங்கிணைந்த முறையில் நிர்வகிப்பது இயலாதிருப்பதே சான்றாகும். உண்மையில் இது போன்ற பிரிவிற்கு உட்பட்டுச் செயலாற்ற முடியாது. இயற்கை உருவ இயல் அறிஞன் உறுப்பின் செயல் பற்றியும் உடலியல் அறிஞன் அதன் அமைப்பு பற்றியும் சொல்லியாக வேண்டும். தாவரவியலை இது போன்று பிரிப்பது, பொதுவாக விஞ்ஞானச் செயலை மேலும் தனித் தன்மைப்படுத்துவது வருங்காலத்தில் பெரிய அபாயமாக வந்து முடியும். இச்செய்கை வீண் குழப்பத்திற்கு இடமளிக்கும். ஏனென்றால் இயற்கை உருவ இயல் அறிஞன், உடலியல் அறிஞனைப் புரிந்துகொள்ள மாட்டான். உடலியல்

[illegible] இயல் அறிஞனின் வேலைகளில் [illegible] ஆர்வமும் காட்ட மாட்டான். ஒவ்வொரு [illegible], தன்தனது குறுகிய எல்லைக்குள்ளேயே நின்று விடுவான். தனது எல்லைக்குப் புறம்பாக எது நடந்தாலும் அவன் அவற்றை லட்சியப்படுத்த மாட்டான். இருந்தாலும் இவ்விதமான பிரிவுகள் நிலவுவது தவிர்க்க முடியாத அவசியத்தால் ஏற்பட்டுள்ள யதார்த்தமாகும். இதைப் பற்றி முறையிடுவதில் பயனில்லை. எனினும் இந்த இரு பிரிவுகளும், விஞ்ஞானத்துடன் தொடர்பில்லாத அதன் முக்கிய சாதனைகளில் மட்டுமே அக்கறை கொண்ட மக்களின் கவனத்தைப் பொதுவாக வெவ்வேறு அளவுக்குக் கவர வல்லவை என்பது தெளிவு.

நம்மைச் சுற்றியுள்ள தாவரங்களையும் விலங்குகளையும் பற்றிக் கூறுதல் அல்லது வர்ணித்தல் என்பது நம்மிடையே எந்த விதமான பொதுவான ஆர்வத்தையும் தோற்றுவிக்காது. இருப்பினும் தங்களைச் சுற்றியுள்ள விலங்குகளையும், தாவரங்களையும் பற்றி அறிவதில் பலர் இன்பம் அடைகின்றனர். இது ஓரளவிற்குப் பொதுமக்களிடையே விஞ்ஞான வளர்ச்சி இருக்கிறது என்பதை நிரூபிக்கிறது. அங்கொன்றும் இங்கொன்றுமாகச் சில சிறப்பான தாவரங்களையும் விலங்குகளையும் பற்றிக் கூறுவது எந்த ஆவலையும் தூண்டுவதில்லை. ஏனென்றால் இவை உப்பு சப்பற்ற விஷயங்கள். இவை குழந்தைகளுக்கு மட்டும்தான் பொருந்தும், அல்லது முதியவர்களுக்குச் சில சந்தர்ப்பங்களில்மட்டும் உதாரணம் காட்டி விளக்கப் பயன்படும். சில வியப்பூட்டும் சம்பவங்கள்மட்டும் பொதுவான கவனத்தை ஈர்க்க நேரிடும். உதாரணமாக உயிருள்ள மனிதர்களை விழுங்கும் மாமிச பட்சணித் தாவரத்தைப் பற்றியது போன்ற பத்திரிகைப் புரளி. இது பல வெளி நாட்டுச் செய்தித்தாள்களிலும், நம் நாட்டுச் செய்தித்தாள்களிலும் சில வருடங்களுக்கு முன்பு தோன்றிய அபத்தச் செய்தி. இச்செய்தி ஆராய்ச்சி விஷயங்களைத் தாங்கி வரும் பத்திரிகைகளில் கூடக் காணப்பட்டது.

தாவரங்கள், விலங்குகள் ஆகியவற்றிற்கு உள்ள பொதுவான நிகழ்ச்சிகளை விளக்குவது, உயிரின் அடிப்படை விதிகளை

ய்வது முற்றிலும் வேறு விஷயம். தன்னைச் சுற்றி என்ன நடந்துகொண்டிருக்கிறது என்பதை அறியும் ஆவலுள்ள, சிந்தனை செய்யும் ஒவ்வொரு மனிதனையும் இது கவர முடியும், கவரவும் வேண்டும். இதே விதி அனங்ககப் பிரகிருதிக்கும் பொருந்தும். நிலப் புறணியாக அமைந்துள்ள பொருள்களின் வெறும் வர்ணனையான கனியவியல் பொருள்களின் பரஸ்பரப் பாதிப்பின் விளைவாக ஏற்படும் நிகழ்ச்சிகளை விளக்கும் இரசாயனத்தையோ அல்லது நமது கிரகத்தின் வரலாற்றைப் பற்றிச் சொல்லும் புவி இயலையோ போன்று எல்லோருடைய ஆர்வத்தையும் தூண்டாது.

எனவே, இயற்கை உருவ இயலை விட உடலியலிற்குத் தான், உடலை விட நிகழ்ச்சிக்குத்தான், வடிவத்தை விட உயிரிற்குத்தான் சமூகத்தின் கவனத்தை எதிர்பார்க்க உரிமை உண்டு என்பதில் சற்றும் சந்தேகமில்லை. இந்த இரு வேறு கண்ணோட்டங்களில், உயிரைப் பற்றியதா அல்லது உயிரற்ற வடிவத்தோடு நின்றுவிடுவதா, எந்தக் கண்ணோட்டம் அதிக வளர்ச்சியுற்றிருக்கிறது என்பதை இப்போது பார்ப்போம்.

இந்த இரண்டாவது பகுதி பற்றி வேலை செய்வதிலேயே தாவரவியல் அறிஞர்கள் அனேகமாகத் தங்கள் சக்தி முழுவதையும் செலவிட்டுள்ளனர் என்பதை விஞ்ஞானத்தின் வரலாறு காட்டுகிறது. விஞ்ஞானப் பெரியார்கள் விஷயத்தின் இந்த எல்லையிலேயே முற்றிலும் முனைந்து, வடிவத்துக்கு முதலிடம் கொடுத்து உயிர் வாழ்க்கையை மறந்துவிட்டனர். சமீப காலம் வரையிலும் பெரும்பாலான தாவரவியல் அறிஞர்கள் மேலே விவரிக்கப்பட்டுள்ள முதலாவது பிரிவைச் சேர்ந்தவர்களாக இருந்தனர். தமது விஞ்ஞானப் பணியின் காலம் முழுவதிலும் தாம் ஒரு கருத்தைக்கூட வெளியிட்டதில்லை என்றும் வெறுமே விளக்கவும் வருணிக்கவும் வருணிக்கவும் விளக்கவும் மட்டுமே செய்ததாகவும் பாரிஸ் கழகத்தில் நடந்த ஒரு விறுவிறுப்பான விவாதத்தின் போது, பெருமையடித்துக்கொண்ட பிரான்ஸ் நாட்டு விலங்கியல் அறிஞரின் சொற்களைத் திருப்பிக் கூறும் ஒரு சிலர் ஒருவேளை தற்காலத்திலும் கூட இருப்பார்கள். இத்தகைய பழங்காலக் கருத்துக்கள் கொண்டவர்களைச் சற்று ஒதுக்கி விட்டு நாம்

தற்கால அறிஞர்களைக் கவனிப்போம். இவர்களில் பலர் தங்களது முன்னோடிகளை விமர்சிக்கின்றனர், தற்காலத்தில் உள்ள உடலியல் கண்ணோட்டத்தின் மேன்மையை உணர்கின்றனர். ஆனால் இவர்கள் அதே இயற்கை உருவ இயல் அடிப்படையில்தான் செயலாற்றுகின்றனர். இவர்களது கண்ணோட்டப்படி தாவரவியல் அறிஞன் என்பவன் உருப்பெருக்கியின் முன்பு தன் வாழ்நாள் முழுவதையும் கழிப்பவன். அதாவது உருப்பெருக்கியின் மூலம் கண்ணுக்குத் தெரியாத அங்கஜீவிகளைக் கண்டுபிடித்து வர்ணிப்பவன், அல்லது பெரிய அங்கஜீவிகளின் உடலில் உள்ள நுணுக்கமான விவரங்களை உருப்பெருக்கி மூலம் விளக்குபவன். வெளிப் பார்வைக்கு வேறுபட்டுக் காணப்பட்டாலும் இரு வகையினரது செயலும் உண்மையில் ஒரே மாதிரியானது தான். வேறுபாடு அவர்களது செயல்களின் அளவில்தான் இருக்கிறது. ஒரு வகையினர் வெறும் கண்களாலோ அல்லது பூதக்கண்ணுடி மூலமாகவோ நோக்குகிறுர்கள். மறு சாரார் உருப்பெருக்கியைப் பயன்படுத்துகிறுர்கள். ஆனால் இரு சாராருமே உற்று நோக்குவதையும் வருணிப்பதையும் தவிர வேறு ஒன்றுமே செய்வதில்லை. ஒட்டுண்ணிக் காளானையோ அல்லது நீர்ப் பூண்டையோ வர்ணிப்பதற்கும், புல் அல்லது மரத்தை வர்ணிப்பதற்கும் எந்த வேறுபாடும் இல்லை. இவ்விரு முறைகளையும் பின்பற்றுபவர்கள் உடலியல் அறிஞனின் முக்கிய வேலை இயற்கையை வர்ணிப்பது அல்ல, அதை விளக்குவதும் கட்டுப்படுத்தி அடக்கி ஆள்வதுமே என்பதை மறந்துவிடுகிறுர்கள். செயலற்ற உற்று நோக்குபவனுக அல்ல, அவன் ஊக்கமுள்ள பரிசோதகனுக இருக்க வேண்டும். அவன் இயற்கையுடன் போரிட வேண்டும். மனதின் சக்தி மூலமாக தன்னுடைய கேள்விகளுக்குரிய விடைகளை இயற்கையினின்றும் கிண்டிக்கிண்டிக் கேட்டுப் பெற வேண்டும். இதனுல் அவன் இயற்கையைத் தனதாக்கிக் கொண்டு அதைத் தனது இச்சைக்குக் கட்டுப்படுத்தவும் உயிருக்குரிய நிகழ்ச்சிகளைத் தூண்டவும் கட்டுப்படுத்தவும் மாற்றவும் இயக்குவிக்கவும் முடியும்.

தனித்த இயற்கை உருவ இயல் அல்லது வருணனைப் போக்கை ஆதரிப்பவர்களிடையே கூட மிகச் சிறந்த அறி

...கள் இருந்திருக்கிறார்கள். திரட்டப்பட்ட விஷயாதாரங்களுக்குத் தங்கள் சிந்தனையால் உயிரூட்டி ஒளி பாய்ச்சியிருக்கிறார்கள் அவர்கள். இது பற்றிய உதாரணம் ஒன்றை நாம் சிறிது நேரத்தில் காண்போம். ஆனால் அவர்களுடைய சக்தி முழுவதும் சாதாரண மனிதனுக்கு எட்டாத கருத்துக்களை விளக்குவதில் செலவழிந்தது. எனவே அவர்களால் இத்துறையில் எவ்விதமான ஆர்வத்தையும் தோற்றுவிக்க முடியவில்லை. இயற்கை உருவ இயலின் விதிகளுக்குரிய எளிமை, மனிதனின் மனத் திறனுக்கு நினைவுச் சின்னமாக விளங்கும் இயற்கை ரீதியான பாகுபாட்டு முறையின் ஒழுங்கு,—இவையெல்லாம் புரிந்துகொள்வதற்குத் தேவையான விவரங்களை அறியாதவர்களுக்குப் பயன் ஏதுமில்லாமல் போய்விடுகின்றன.

எனவே தாவரவியல் பொதுமக்களுக்குக் கவர்ச்சிதராத ஒரு வித முறையில் வளர்ந்து வந்துள்ளது என்பது இவற்றிலிருந்து தெளிவாகிறது. நாம் ஏற்கனவே கண்டுள்ளபடி, இதற்குரிய காரணத்தில் பாதி விஞ்ஞானத்தின் சரித்திர பூர்வமான வளர்ச்சியையும், மற்றொரு பாதி தாவரவியல் அறிஞர்களையும் சாரும். சரித்திர பூர்வமான விஞ்ஞான வளர்ச்சியின்படி சிக்கல் நிறைந்த விஷயங்களுக்கு முன்பாக அடிப்படையான விஷயங்கள் இடம் பெற வேண்டும். உடலியல் சம்பந்தப்பட்ட பிரச்சினைகள் இயற்கை உருவ இயலின் பிரச்சினைகளைவிடச் சிக்கல் நிறைந்தவை. இவற்றை விளக்க ஏராளமான முன் விவரங்கள் தேவைப்படுகின்றன. உயிரின் வடிவங்களை வர்ணிப்பதற்கு எவ்விதமான ஆரம்ப அறிவும் தேவைப்படுவதில்லை. ஆனால் உயிர் நிகழ்ச்சிகளை விளக்க, இவற்றைப் பற்றிய ஒரு சில விவரங்களுடன் துவக்குவது அவசியப்படுகிறது. இந்த நிகழ்ச்சிகளைச் சாதாரண இரசாயன, பௌதிக நிகழ்ச்சிகளாக எடுத்துக் காட்ட வேண்டும். இதுதான் உடலியலின் நோக்கமும் கூட ஆகும். இயற்கை உருவ இயல் அறிஞன், இயற்கை உருவ இயல் அறிஞனாக மட்டும் இருந்தாலே போதும். ஆனால் உடலியல் அறிஞன் ஒரே சமயத்தில் ஓரளவு பௌதிக இயல் அறிஞனாகவும், இரசாயன அறிஞனாகவும், இயற்கை உருவ இயல் அறிஞனாகவும் இருத்தல் வேண்டும். உண்மையில் உடலியல் கண்ணோட்

பம் விஞ்ஞான வரலாற்றில் பிந்திய கட்டத்தில் தான், பௌதிகமும் இரசாயனமும் வளர்ச்சியின் ஒரு குறித்த கட்டத்தை எட்டிய பின்பே தோன்ற வேண்டும். உடலியல் ஒரு விஞ்ஞானமாக வளராமல் பின்தங்கிய நிலையில் இருந்ததற்குத் தாவரவியல் அறிஞர்களின் ஒருதலைப் பட்சமான கண்ணோட்டம் தான் பெருமளவுக்குக் காரணம் என்பதற்குப் பின் வரும் உண்மை சான்று பகரும்: தாவரவியல் அறிஞர்கள் வடிவங்களை மட்டுமே தனிப்பட ஆராய்ந்து கொண்டிருக்கையில் இரசாயன அறிஞர்களும் பௌதிக அறிஞர்களும் தாவரத்தின் வாழ்க்கை என்ற கவர்ச்சிகரமான துறையில் புகுந்து தாவர உடலியலுக்கு அடித்தளம் அமைத்துக் கொண்டிருந்தார்கள். எனவே உடலியலிற்கு உரிய அடிப்படை விதிகளை அமைத்துக் கொடுத்தது இரசாயன அறிஞர்களும் பௌதிக அறிஞர்களும்தாம், தாவரவியல் அறிஞர்கள் அல்ல. இந்தத் துறையில் இவர்கள் பின்தங்கி இருப்பது விலங்கு உடலியல் துறையில் நிகழ்ந்துள்ள முன்னேற்றத்தோடு தாவர உடலியல் துறையை ஒப்பிட்டால் தெளிவாகத் தெரிகிறது. இது வியப்பிற்குரிய செய்தியாகத் தோன்றலாம். தாவர உடலியல் பிரச்சினை விலங்கு உடலியல் பிரச்சினையை விட மிகவும் எளிதானது. தாவரத்தின் வாழ்க்கை விலங்கின் வாழ்க்கையைப் போன்று சிக்கல் நிறைந்தது அன்று. ஆனால் விலங்குகளைப் பற்றிய விஷயங்கள் தாவரங்களைப் பற்றிய விஷயங்களைவிட நமக்கு முழுவதாகவும் திட்டவட்டமாகவும் தெரியும். இருப்பினும், தாவரவியல் அறிஞர்களுக்குச் சாதகமாகச் சில அசாதாரணமான சூழ்நிலைகளைக் கூறலாம். விலங்கு உடலியல் வளர்ந்ததற்குக் காரணமாக விஞ்ஞானத்தின் எல்லைக்கு அப்பாற்பட்ட சில விஷயங்களைக் கூறலாம். இவை நடைமுறைக் காரணங்கள்.

ஒவ்வொரு விஞ்ஞானமும் வளர்ந்து, வளம் பெற வேண்டுமானால் அதற்கு சமுதாயத்தின் பொருளுதவியும் ஆன்மீக உதவியும் தேவை. ஆனால், தனக்கு நலம் தரக் கூடிய விஷயங்களில் மட்டும்தான் சமுதாயம் நடைமுறை ஆர்வம் காட்டுகிறது. விலங்கு உடலியலின் உபயோகம் பற்றி சமுதாயத்திற்கு ஏற்கனவே நன்கு தெரியும். தாவர உடலியலின் பயன் பற்றிய எண்ணம் இப்பொழுதுதான் பரவ

ஆரம்பித்துள்ளது. ஒவ்வொரு விஞ்ஞானமும் ஏதேனும் ஒரு கலையிலிருந்தே தோன்றியுள்ளது. இதே போன்று ஒவ்வொரு கலையும் மனிதனின் ஒரு சில தேவைகளின் விளைவாகத் தோன்றியது. இதுதான் மனித அறிவு வளர்ச்சியின் சரித்திர ரீதியான போக்காகத் தோன்றுகிறது. ஆரம்பத்தில் லௌகீக இன்பத்தைப் பெறுவதற்குரிய வழியாக மட்டும்தான் மனிதன் அறிவைக் கருதுகிறான். பிந்திய காலகட்டத்தில் தான் அவனுக்கு அறிவு ஒரு பொழுதுபோக்குக் களமாக மாறுகிறது. அப்பொழுதுதான் அறிவுச் சிந்தனைகள் பொருள் தேவையைப் போல் முக்கியமாகிவிடுகின்றன. அறிவை ஒரு நோக்கத்துக்கு வழியாகக் கருதுவது கலை எனப்படும். அறிவையே நோக்கமாகக் கருதுவது விஞ்ஞானம் எனப்படும். கலை எனப்படும் மருத்துவத்தின் ஆதரவில் விலங்கு உடலியல் வளர்ந்தது. தனது பல பிரச்சினைகளைப் பண்படாத அனுபவத்தாலோ அல்லது வெறும் சிந்தனையாலோ தீர்க்கப் பல முயற்சிகள் செய்து தோல்வியுற்ற பின், தான் இன்னும் பின்னே சென்று விலங்கு வாழ்க்கையின் விதிகளை ஆராய வேண்டும், விஞ்ஞானத்தை ஆதாரமாகக் கொள்ள வேண்டும் என்ற முடிவுக்கு மருத்துவம் வந்தது. இவ்வாறாக விலங்கு உடலியல் மருத்துவப் பள்ளிகளில் தோன்றி வளர்ந்தது.

தேக ஆரோக்கியத்தைப் பாதுகாப்பதற்குரிய வழிகளை மருத்துவம் கூறுகிறது. ஆனால் மனிதனுக்கு இது தவிர வேறு தேவைகள் உள்ளன. அவனுக்கு உணவு, உடை, நிழல் தர ஒரு கூரை, போக்குவரத்துச் சாதனம் ஆகியவை தேவை. இப்பொருள்களில் பெரும்பாலானவற்றை அவன் பயிரிட்டுப் பாதுகாக்கும் தாவரங்களிலிருந்து நேரடியாகவும், மறைமுகமாகவும் பெறுகிறான். வாழ்க்கை விதிகளை அறிந்துகொண்ட பின்பே, தாவரம் தன் நோக்கங்களை எவ்வாறு அடைகிறது என்பதை அவதானிக்கைகள் அல்லது பரிசோதனைகளின் மூலம் தெரிந்துகொண்ட பின்பே அதன் நடவடிக்கையை நமது நலனுக்கு ஏற்ப நாம் திருப்பி அது சிறந்த ஏராளமான பயன்களை வழங்கும்படி செய்ய முடியும். தாவர உடலியல் விவசாயத்திற்கு அடிப்படையாக அமைய வேண்டும் என்று தெளிவாகிறது. இந்த முடிவுக்கு வருமுன்பு மருத்துவத்தைப் போல விவசாயமும் பண்பற்ற அனுபவம், வீண் யூகங்கள்

என்ற பயனற்ற களங்களில் நீண்ட காலமாக வழிகெட்டு அலைந்து திரிந்தது. மருத்துவத்தில் பல ஆண்டுகளுக்கு முன்பே நடந்த விஷயம்தான் விவசாயத்தில் நடை பெற்றிருக்கிறது.

விஞ்ஞான ரீதியான விவசாயம் விஞ்ஞான ரீதியான மருத்துவத்திற்குப் பின்னரே தோன்றியது. இதைத் தொடர்ந்து தாவர உடலியல் பற்றிய அறிவின் இன்றியமையாமையும் தேவையும் பின்னால் எழுந்தன. ஒரு தடவை இத்தேவை தோன்றிய பிறகு தாவர உடலியலின் விதியைப் பாதிக்காமல் அதனால் இருக்க முடியாது. மருத்துவப் பள்ளிகளில் விலங்கு உடலியல் வளர்ந்தது போல் விவசாயப் பள்ளிகளில் தாவர உடலியல் வளரும். எண்ணற்ற ''பரிசோதனை நிலையங்கள்'' அமெரிக்கா, ஜெர்மனி போன்ற நாடுகளில் தோன்றியுள்ளன. பிரான்சில் அரசாங்கமும் இங்கிலாந்தில் தனிநபர்களும் கழகங்களும் இதே முடிவை நோக்கிச் செயலாற்றிக்கொண்டு இருக்கின்றன; கடன் சுமை அதிகமாக இருந்தபோதிலும் ஏழை இத்தாலி கூட இப்பாதையைப் பின்பற்ற முயற்சி செய்து கொண்டிருக்கிறது.

இது போன்ற எல்லா விதமான ''நிலையங்களிலும்'' வேறு பல விவசாய நிறுவனங்களிலும் பரிசோதனை உடலியல் விவசாயத்தின் பக்கத்தில் நிலையான இடம் பெற்றுள்ளது. இது விவசாயத்தை முன்னேற்றப் பாடுபட்டுக்கொண்டு அதே சமயத்தில் பல நூற்றாண்டுகளாக விவசாயத்தால் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள விலை மதிக்க முடியாத அனுபவத்தின் மூலம் தானும் வளம் பெறுகிறது. மற்ற விஞ்ஞானங்களின் எடுத்துக்காட்டின்படி இவ்வாறே நிகழ வேண்டும், சந்தேகமின்றி இவ்வாறே நிகழும். இதற்குள்ளாக, இந்தச் சாதாரணமான பரிசோதனை நிலையங்களையும் மேற்கு ஐரோப்பாவிலும், நமது பல்கலைக்கழகங்களிலும் இருக்கும் இன்னும் எளிமையான தாவர ஆய்வுக்கூடங்களையும் மருத்துவம் ஆட்சி செய்யும் ஆடம்பரமான அரண்மனைகள் போன்ற கட்டிடங்களோடு ஒப்பிட்டால், ஐரோப்பா முழுவதிலும் விலங்கு உடலியல் துறையில் ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டிருக்கும் மருத்துவர்களின் ஆயிரக்கணக்கான எண்ணிக்கையை, தாவர உடலியலில் செயலாற்றும் குறைந்த எண்ணிக்கையுள்ள

தாவரவியல் அறிஞர்களுடன் ஒப்பிட்டால், ஓர் உண்மை எல்லோருக்கும் தெற்றெனப் புலப்படும். அதாவது, விலங்கு உடலியல் துறையில் பெருந்தொகையானவர்கள் ஈடுபட்டிருப்பதன் விளைவாகவே ஹெல்ம்ஹோல்ட்ஸ், கிளாட் பெர்னார்ட், தூபுவா ரேய்மோந்த் போன்ற புகழ் பெற்ற அறிஞர்கள் தோன்றுவது சாத்தியமாகியிருக்கிறது. இவர்களுக்கு இணையான ஒரு அறிஞனைக்கூடத் தாவர உடலியல் அறிஞர்கள் இன்னும் சுட்டிக் காட்ட முடியவில்லை. விலங்கு உடலியல் துறைக்குரிய பரிசோதனை வசதி, அதில் செலவிடப்பட்டுள்ள மனோசக்தியின் அளவு ஆகியவைதாம் இவ்வியலின் வெற்றிகரமான முன்னேற்றத்திற்குக் காரணம். இவை இல்லாமல் இருப்பதுதான் தாவர உடலியலின் பின்தங்கிய நிலைமைக்குரிய ஒரு சமாதானம் ஆகும்.

தாவரவியலில் புதியதொரு அம்சம் சமீப ஆண்டுகளில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது என்பது மகிழ்ச்சி தரும் செய்தி. இதற்கு முன்பு வடிவத்தை மட்டுமே நோக்கிச் சென்ற கவனம் தற்பொழுது வாழ்க்கையை நோக்கித் திரும்பியுள்ளது. குறைந்த பட்சம் மேல் நாடுகளில் உள்ள பொது மக்கள் தாவர உடலியல் சமூகத்திற்கு அவசியமான, பயனுள்ள நோக்கத்திற்காகப் பாடுபடுகிறது என்பதை உணர்ந்துகொண்டார்கள். முன்னரே குடியுரிமை பெற்றுவிட்ட மற்ற விஞ்ஞானங்கள் சமூகத்திற்குச் சேவை செய்வது போல் இதுவும் சேவை செய்கிறது என்பதைப் புரிந்து கொண்டார்கள்.

நான் என் கருத்தை விளக்கமாகக் கூற வேண்டும். இதற்கு முன்பு கூறியவற்றிலிருந்து விஞ்ஞானம் நடைமுறைப் பயனை மட்டும் நோக்கமாகக் கொண்டு இயங்க வேண்டும் என்று நான் எதிர்பார்ப்பதாக நீங்கள் பொருள் கொள்ளக் கூடாது; அதனுடைய நடைமுறைப் போக்கே அதை அனுமதிப்பதற்குரிய தலைமைக் காரணம் என நான் கருதுவதாக நீங்கள் எண்ணக் கூடாது. விஞ்ஞானத்தின் இளமைப் பருவத்தின் முக்கியப் பண்பான இந்த நடைமுறைப் போக்கு அதன் லட்சியமாகவே இருந்து விடக் கூடாது. சுத்த விஞ்ஞானத்தின் வளர்ச்சி அளவுக்கு ஏற்பப் பயன்பாடுகள் தாமாகவே தோன்றுகின்றன. விஞ்ஞானத்தின் வளர்ச்சியை

யதார்த்தங்களின் உள்ளார்ந்த தர்க்கப் பொருத்தத்தைக் கொண்டு மட்டுமே தீர்மானிக்க வேண்டுமே அல்லாது அத்தி யாவசியத் தேவையின் வெளி நிர்ப்பந்தத்திலிருந்து அல்ல. எல்லா வகைச் சிந்தனைகளையும் போலவே விஞ்ஞானச் சிந்தனை என்பது, முழுச் சுதந்திர நிலைமைகளில்தான் செயல்பட முடியும். நடைமுறைத் தேவைகளின் நெருக்குதல் ஏற்பட்டால், விஞ்ஞானம் பரிதாபத்திற்குரிய செயற்கையான படைப்புக் களைத் தான் தோற்றுவிக்க முடியும். இதே போன்ற சூழ் நிலைகள் காரணமாகச் சில அற்பமான, செயற்கைத் தன்மை பொருந்திய கலைப் படைப்பு தோன்றுவது போன்றது இந்த விஷயம். விஞ்ஞானத்தின் பத்திராலயம் முழுதையும் தேடிப் பார்த்தாலும் கூடச் செயல் முறைப் பயன்பாட்டை நோக்க மாகக் கொண்ட துணிகரமான ஒரு கருத்தையோ அற்புத மான ஒரு பொது விதியையோ நாம் கண்டுபிடிப்பது அரிதே. ஆனால் இதற்கு நேர்மாறாக, எந்த நடைமுறை நோக்கத்துட னும் தொடர்பில்லாவிட்டாலும், எண்ணற்ற நடை முறைப் பயன்களுக்கு மூலாதாரமாக விளங்கும் கண்டுபிடிப்புகள் பலவற்றை விஞ்ஞான வரலாறு உதாரணமாகத் தருகிறது.

இப்பொழுது இந்த நீண்ட முகவுரையை நான் தொகுத் துச் சுருக்கமாக்கிக் கூற வேண்டும். மற்ற விஞ்ஞானங்களுடன் ஒப்பிடும் பொழுது, தாவரவியலிற்குப் பொதுமக்கள் அவ்வளவாக ஆதரவு தருவதில்லை. ஒரு குறுகிய வகுப்பின ருக்கு மட்டுமே அக்கறைக்குரிய விஷயங்களையும் பொருள் களையும் இவ்வியல் ஆராய்கிறது என்ற அடிப்படையில் அதைப் பொது மக்கள் தவறுதலாகப் புரிந்துகொள்ளுகிறார் கள். முதன்மையாக விஞ்ஞானத்தின் அவசியமான சரித்திர பூர்வமான இயக்கத்தின் வளர்ச்சியால் தூண்டப்பட்ட இந்தப் போக்கு பலப்படுவதற்கும் தற்பொழுதும் பலப்பட்டுக் கொண்டிருப்பதற்கும் காரணம் பல தாவரவியல் அறிஞர் களின் ஒருதலைச் சார்பு. தற்காலத்தில் தாவரவியலில் எவ்வாறோ புதிய, உற்சாகமூட்டும் போக்கு ஒன்று படிப்படி யாகத் தலைப்பட்டுக்கொண்டிருக்கிறது. இதுதான் பரிசோதனை உடலியல் பற்றிய போக்கு. புதிதாகத் துளிர் விடும் இந்த ஆர்வத்தைத் தொடர்ந்து இந்த விஞ்ஞானத்தின் உபயோகம் சமூகத்தில் இடம் பெறுகிறது. விவசாயத் துறைக்குத் தாவர

..ியல் அறிவு தேவைப்படுகிறது. இந்த முறையில் விஞ்ஞானம், சமூகம் இரண்டின் நலன்களுக்கும் உள்ள ஒற்றுமை பலப்படுத்தப்படுகிறது. ஆனால் இந்த ஒற்றுமை சமூகத்திற்கு விஞ்ஞானத்தின் செயல் பாதையையும் வளர்ச்சியையும் கட்டுப்படுத்துவதற்கு எந்த விதமான உரிமையையும் அளிக்கவில்லை. மறுபுறம், விஞ்ஞானத்துக்குத் தனது காப்பிடத்தில் பதுங்கிக்கொள்வதற்கு, மக்கள் கூட்டத்திலிருந்து ஒளிந்துகொண்டு தனது உபயோகத்தைச் சமூகம் அப்படியே ஒப்புக்கொள்ள வேண்டும் என்று எதிர்பார்ப்பதற்கு உரிமை கிடையாது. விஞ்ஞான வித்தகர்கள், பொதுமக்களின் ஆதரவைப் பெற வேண்டும் என்று விரும்பினால், அவர்கள் பொது மக்களின் சேவகர்கள் என்பதை மனதிலிருத்திக் கொள்ள வேண்டும். சமயாசமயங்களில் பொதுமக்களிடம் பொறுப்பு ஏற்றவர்களாக அவர்கள் முன் வந்து கணக்கு ஒப்பிக்க வேண்டும். நாங்கள் இந்த விதமான செயல்களைச் செய்துள்ளோம், இவற்றைச் செய்து கொண்டிருக்கிறோம், இனிமேல் இவற்றைச் செய்யப் போகிறோம் என்று அவர்கள் அறிவிக்க வேண்டும். எங்களது செயல்கள் எந்த அளவிற்கு நன்மை தருபவையாக இருக்கின்றன வருங்காலத்தில் எதை எதிர் பார்க்கலாம் என்பதை முடிவு கட்டுங்கள் என்று அவர்கள் விளம்ப வேண்டும்.

என் கருத்துப்படி இது, எளிதில் புரியும் விஞ்ஞான இலக்கியம், எளிதில் புரியும் விரிவுரை ஆகியவற்றிற்குரிய பிரச்சினை. விஞ்ஞான விஷயங்களைப் பொதுமக்களுக்குப் புரியும் பாணியில் விளக்க விரும்புபவர்கள் இதை மறந்து விடுகிறார்கள். தங்களுடைய லட்சியத்தின் ஒரு பகுதி மீது மட்டுமே, அதாவது மிகச் சுலபமான, கவர்ச்சிகரமான முறையில் விஷயங்களை எப்படி எடுத்துக் கூறுவது என்பதில் மட்டுமே அவர்கள் கவனம் செலுத்துகிறார்கள்.

* * *

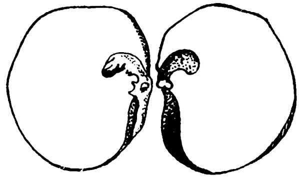
தாவரத்தின் வாழ்க்கையைப் புரிந்துகொள்ள வேண்டுமானால் அதன் வடிவத்தை அறிந்துகொள்ள வேண்டும். ஒரு இயந்திரம் வேலை செய்யும் முறையைத் தெரிந்துகொள்ள வேண்டுமானால் அதன் அமைப்பு பற்றி அறிந்துகொள்ள

வேண்டும். இதை நான் உங்களுக்கு முன்பே கூறியுள்ளேன். முதலில் தாவர வாழ்க்கையின் வெளிப்படையான தோற்றங்களைச் சற்று காண்போம். இவற்றைக் காண்பதற்கு எந்த விதமான ஆரம்ப அறிவோ அல்லது நுணுக்கம் பொருந்திய ஆராய்ச்சி முறையோ தேவையில்லை.

குளிர்கால உறக்கத்திற்குப் பிறகு தாவரத்தில் உயிர் விழித்தெழுவதிலிருந்து நமது வர்ணனையைத் தொடங்குவோம். வசந்த காலத்தில் அது எந்த நிலையில் இருக்கும்? இப்புதிய உயிரின் தோற்றம் எங்கே மறைந்திருக்கிறது? அது விதையில் மறைந்திருக்கிறது. வெண் பனி, மண் ஆகியவற்றின் பாதுகாப்பின்கீழ் விதை உயிர்ச் சக்தியை மறைத்து வைத்திருந்தது. உயிர்ச் சக்தி மொக்குக்களில் இருக்கிறது. தனது செதில்களின் பாதுகாப்பின்கீழ் அவை கடுமையான குளிர் காலத்தைச் சமாளித்து விட்டன. வசந்தகால சூரியனின் வெயிலால் கதகதப்பு ஊட்டப் பெற்றதும் வெற்றுத் தரைப் பகுதிகள் ஒவ்வொன்றிலும் பசிய முளைகள் கிளம்புகின்றன. ஒவ்வொரு மரத்திலும், புதரிலும் மொக்குக்கள் பருத்து, வெடித்து ஏற்கனவே பயனற்றவை ஆகிவிட்ட அவலட்சணமான செதில்களை உதிர்த்து விரிந்து விடுகின்றன. விதை, மொக்கு ஆகிய இரு உறுப்புக்களும்தான் தாவரத்தின் உயிரின் ஆரம்பம் என்பதை தினசரி அனுபவம் எடுத்துக்காட்டுகிறது. எனவே இவற்றைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியுடன் நாம் நம்முடைய பேச்சின் பொருளைத் தொடங்குவோம்.

முதலில், விதை என்றால் என்ன? அதன் பகுதிகள் யாவை? நமக்கு நன்கு தெரிந்த அவரை விதையை ஆராய்வோம். தண்ணீரில் ஊறப் போட்டால் அது ஊதுகிறது, அது தோல் அல்லது உறையிலிருந்து தனியாகப் பிரிகிறது. விதை உறைக்கு உள்ளாக அது இரண்டு தசைப்பற்று உள்ள, அல்லது இன்னும் சரியாகச் சொன்னால் கடினமான குருத்தெலும்பு போன்ற பகுதிகளாகப் பிரிவதைக் காணலாம். இவற்றிற்கு இடையே இவற்றை இணைக்கும் சிறு பகுதி ஒன்று காணப்படும். வெறுங்கண்களாலோ அல்லது பூதக் கண்ணாடியின் உதவி கொண்டோ பார்த்தால் அதில் ஒரு கருத்தாவரம் இருப்பதைக் கண்டுபிடிக்க முடியும். இதில்

சின்னஞ்சிறு இலைகளோடு கூடிய ஒரு தண்டுப் பகுதியும், மிகச் சிறு வேரும் கொண்ட முளைக்குருத்து காட்சியளிக்கிறது (படம் 1). இந்த முளைக்குருத்து விதையின் இரு பாதிகளையும் இணைக்கிறது. இந்த இரு பகுதிகளும் **விதையிலைகள்** என்று அழைக்கப்படுகின்றன. முளைக்குருத்தை விடப் பெரியனவாக இருந்தாலும், இவை முளைக்குருத்தின் துணை உறுப்புகள் தாம். ஆனால் இந்த விதையிலைகளின் தன்மை யாது? தாவரவியல் அறிஞர்கள் இவற்றை இலைகள் என்கிறார்கள். தரைக்கு அடியில் இருக்கும் இந்த நிறமற்ற, உருண்டையான, தசைப்பற்றுள்ள பகுதிகளைக் காரணமில்லாமல்

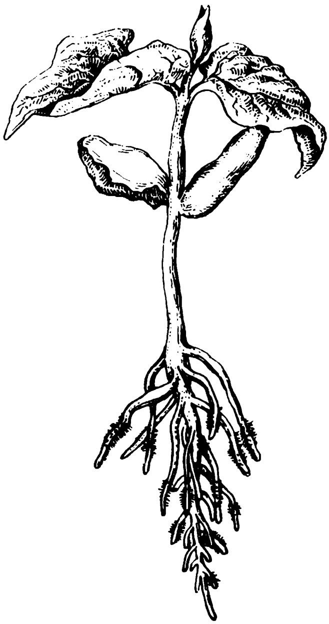


படம் 1

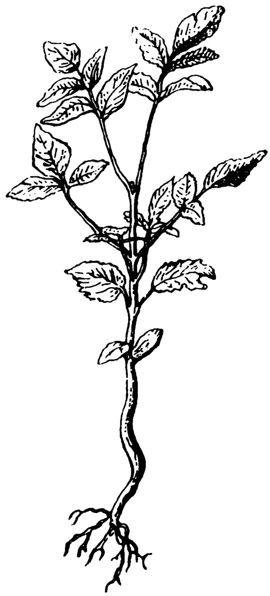
இலைகள் என்று கூறுவதில்லை. இது ஏன் என்பதை நாம் சற்று நேரத்தில் காணலாம். அவரையின் நெருங்கிய இனமான நட்டைப்பயறு என்னும் தாவரத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். இதில் விதையிலைகள் தரைக்கு மேலாகக் கிளம்பி, சாதாரண இலைகளைப் போல் பச்சை நிறம் உள்ளவையாக மாறுகின்றன (படம் 2). மேப்பிள், அசோகு ஆகியவற்றின் விதையிலைகள் சாதாரண இலைகளை இன்னும் அதிகமாக ஒத்திருக்கின்றன. லைம் விதையிலோ துலக்கமாகப் பதிந்த நரம்புகளும் வளைவுப்பல் விளிம்புகளும் கொண்ட சிறு, மெல்லிய, பச்சை இலைகள் உண்மையாகவே உள்ளன. எனவே தரைக்கு அடியிலேயே வளர்ந்தாலும், நிறத்தால் இலையிலிருந்து வேறுபட்டிருந்தாலும், அவரையின் விதையிலைகளை இலை என்றே கருத வேண்டும்.

சாதாரணமாக இலைகளை ஒத்திராத இந்த முதல் உறுப்புக்களுக்குப் பின் நீண்டு வளரும் தண்டில் உண்மையான இலைகள் தோன்றுகின்றன. ஆனால் இவை வளர்ந்த தாவரத்தில் நாம் பார்த்துப் பழக்கப்பட்டுள்ள இலைகளைப் போன்று எப்பொழுதும் உடனடியாகத் தோன்றுவதில்லை. உதாரணமாக, இளம் அசோகுச் செடியை எடுத்துக்கொள்வோம். அதன் இலையின் வடிவத்தை எல்லோரும் நன்கு அறிவர். பொதுவானதொரு காம்பில் ஏராளமான ஜதைகள் சிற்றிலை

கள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரே ஒரு கூடுதல் இலை மட்டும் உச்சியில் இருக்கிறது. இந்த முறையில் இலை முழுவதிலும் ஏழு அல்லது ஒன்பது அல்லது அதற்கும் மேற்பட்ட சிற்றிலைகள் உள்ளன. இவ்வித இலைக்குக் கூட்டு இலை என்று பெயர். இங்கு நாம் எதைக் காண்கிறோம் (படம் 3)? சதைப்பற்றுள்ள, நாக்கு வடிவமான இரண்டு விதையிலை



படம் 2



படம் 3

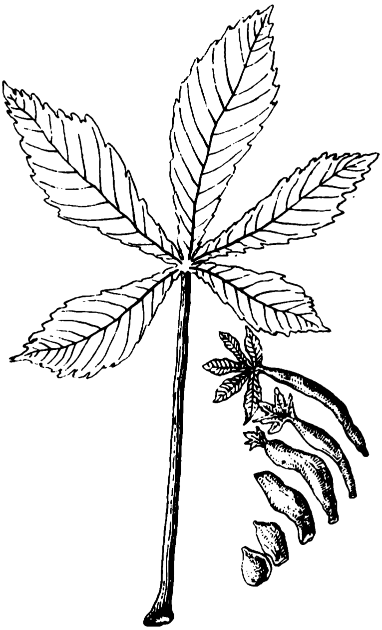
களைத் தொடர்ந்து, பல்விளிம்புள்ள இரண்டு இலைகள் தோன்றுகின்றன. இவற்றில் நரம்புகள் தெளிவாக உள்ளன. இவை தனி இலைகள், கூட்டு இலைகள் அல்ல. தண்டில் இன்னும் மேலே தள்ளிப் பார்த்தால், மூன்று சிற்றிலைகள் உள்ள கூட்டு இலையைக் காணலாம். இன்னும் உயரத்தில் ஐந்து சிற்றிலைகள் உள்ள கூட்டு இலையைப் பார்க்கலாம். முடிவாக ஏழு அல்லது ஒன்பது சிற்றிலைகள் உள்ள கூட்டு இலை காட்சி

கும். அதாவது இந்தக் கட்டத்திலிருந்து முதிர்ந்த மரத்தின் தழைகளை அமைக்கும் இலைகள் தோன்ற ஆரம்பிக்கின்றன. விதையிலையிலிருந்து உண்மையான இலை தோன்றுவது படிப்படியாக நிகழ்கிறது. இந்தச் செயல் முறையில் தொடர்ச்சியின் இடைநிலை வடிவங்கள் உள்ளன. இந்தத் தொடர் கட்டங்களிலிருந்து இதில் ஒவ்வொரு உறுப்பும் மற்றொன்றிலிருந்து உருவாகிறது, ஒவ்வோர் இலையும் இந்த இடைநிலைக் கட்டங்களைக் கடந்து செல்ல வேண்டியிருக்கிறது என்ற எண்ணம் நமக்குத் தானாகவே தோன்றுகிறது.

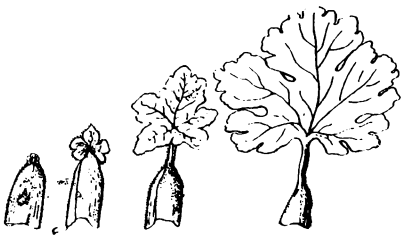
இப்பொழுது நாம் மரத்தின் மொக்கைக் கவனிப்போம். உதாரணமாக மேப்பிள், குதிரை செஸ்ட்நட்டு போன்ற மரங்களை எடுத்துக்கொள்வோம், அல்லது களா போன்ற புதர்ச் செடியை எடுத்துக்கொள்வோம். இவற்றின் வெளிப்புறமாக சில தனிப்பட்ட உறுப்புக்களை நாம் காண்கிறோம். இவை கரும் பழுப்பு நிறமுள்ள, மெல்லிய, கடினமும் எப்போதாவது பிசுபிசுப்புமான செதில்கள். மொக்கைப் பிரித்து அல்லது அதைத் தானாகவே விரிய விட்டு, அதன் பகுதிகளை ஒவ்வொன்றாகக் கிள்ளி வரிசையாக அடுக்கினால், நாம் கீழ்க்கண்ட உண்மைகளைக் காண்கிறோம். அந்த வரிசையில் முதலில் இருப்பவை பழுப்பு நிறமுள்ள குட்டையான மொண்ணைச் செதில்கள், அனேகமாக வட்ட வடிவானவை (படம் 4). படிப்படியாக இவ்வடிவம் நீள்கிறது. அதன் நிறம் முடிவில் பச்சையாகிறது. இச்செதில்கள் ஒன்றின் உச்சியில் தெளிவற்ற கசங்கிய புடைப்பு ஒன்றைக் காண்கிறோம். இது மேற்கொண்டு அளவில் பெரிதாகிப் பின்பு விரிவடைகிறது. இப்புடைப்பு உண்மையான, ஆனால் சுருக்கம் விழுந்த சின்னஞ்சிறு இலையாகும். இந்த உறுப்பு மொக்கில் எவ்வளவு அதிக ஆழத்தில் இருக்கிறதோ அவ்வளவு தெளிவாக **இலையின் அலகு** எனப்படும் பகுதியாக மாறுகிறது; முதல் செதில்களின் விரிந்த பகுதி குறுகி நீண்டு **இலைக் காம்பு** என்னும் தண்டின் உண்மையான வடிவத்தை அடைகிறது (படம் 4—குதிரை செஸ்ட் நட்டு; படம் 5—களாப் புதர்). எனவே இளம் அசோக மரத்தில் நிகழ்வது போன்ற செயல் தான் இதுவும். அங்கு விதையிலைகளும் இங்கு செதில்களும் சில இடைநிலை வடிவங்கள்மூலம் இலைகளாக மாறுகின்றன.

இவை யாவும், வேலைக்கு ஏற்ப மாறுபாடு பெற்றிருக்கும் ஒரே விதமான உறுப்புக்கள்தாம் என்ற ஐயம் மறுபடியும் எழுகிறது.

இவ்விதமாக விதை அல்லது மொக்கிலிருந்து தொடங்கி நாம் தற்பொழுது உண்மையான இலையில் வந்து நிற்கிறோம். இவ்விலைகள் மரத்தின் தழையின் பகுதியாக விளங்கு



படம் 4



படம் 5

கின்றன. இவ்வித இலையை உற்பத்தி செய்த பிறகு தாவரம் சரியான தடத்தில் செல்வது போன்று காணப்படுகிறது; அது ஒன்றன் பின் ஒன்றாக இலைகளை உற்பத்தி செய்கிறது; அவற்றை முந்திய வழியிலேயே, அதே வார்ப்பிலேயே உருவாக்குகிறது. ஆனால் வளரும் தாவரத்தில் உற்பத்தியாகுபவை இலைகள் மட்டுமல்ல, ஒரு குறிப்பிட்ட காலகட்டத்

பின் அதில் பூக்கள், பழங்கள் போன்ற உறுப்புகள் தோன்று கின்றன. இலைகள் பூ போன்ற உறுப்புக்களாக மாறுதலடைவது வழக்கமாக திடீரென்று நிகழ்கிறது. ஆனுல், சில தாவரங்களில் மேல் பக்கத்தில் உள்ள இலைகளில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் மூலம், பூ தோன்றப் போவதற்கு அறிகுறிகள் காணப்படுகின்றன. எல்லோருக்கும் நன்கு தெரிந்த தோட்



படம் 6

டத் தாவரமான பியோனியைப் பற்றிக் காண்போம். இதன் இலைகள் எல்லோருக்கும் நன்கு தெரியும் (படம் 6). கீழிருந்து தொடங்கி தண்டின் மேற்பக்கத்தில் உள்ள பூ வரைக்கும் சென்ருல் இலையின் வடிவம் படிப்படியாக மாறுவதைக் காணலாம்; முடிவில் இலை அடையாளம் கண்டுபிடிக்க முடியாதபடி ஆகி விடுகிறது. முதலில் மும்மூன்ருக இணைக்

கப்பட்டுள்ள ஒன்பது அல்லது பதினொரு சிற்றிலைகள் உள்ள இலையைக் காண்கிறோம். ஒரு குறிப்பிட்ட கட்டத்தில் மூன்று சிற்றிலைகள் உள்ள இலையைக் காண்கிறோம். இவ்விரு இலைகளுக்கு இடையே ஏழு, ஐந்து சிற்றிலைகள் உள்ள இலைகளைக் காண முடியும். முடிவில் இலை முழுவதும் ஒரே சிற்றிலை கொண்டது ஆகிவிடுகிறது (படம் 7, இடது பக்கம்). இங்கு நிகழும் செயல்முறை அசோக மரத்தில் கண்டதற்கு நேர் மாறானது. அங்கு இலையின் வடிவம் படிப்படியாகச் சிக்கல் நிறைந்ததாக மாறுகிறது. ஆனால் இங்கு படிப்படியாகச் சிக்கல் குறைகிறது. இதில் அதே கட்டங்கள் தலை கீழாக நடைபெறுகின்றன. இது வரைக்கும் ஒரு தனிச் சிற்றிலை இலை முழுவதின் மேற்பகுதியை ஒத்திருந்தது; இப்பொழுது அது படிப்படியாக மாறுதல் அடைகிறது. அதனுடைய குட்டையான காம்பு அகன்று தட்டையான செதிலாக மாறுகிறது; அதன் இலையின் அலகு படிப்படியாக குறுகுகிறது. முடிவில் இப்பகுதி சிறிய பச்சை நிறமான நாக்கு வடிவ உறுப்பாகச் செதிலுக்கு மேலாகத் தோன்றுகிறது (படம் 7). பின்பு எல்லாவற்றிற்கும் மேலாக உள்ள செதிலின் குழிவில் ஒரு சிறு முள் போல் தோன்றுகிறது. கடைசியில் இதுவும் மறைந்து விடுகிறது (படம் 8). இப்பொழுது அங்கு இருப்பது மெல்லிய பசுமஞ்சள் நிறமான செதிலாகும், இதன் முனை சிவப்பாக இருக்கிறது. நமது கண் முன்னலேயே இலை முழு மாறுதலையும் அடைந்து விட்டது. அதன் இலையின் அலகு மறைந்து விட்டது. அதன் காம்பு ஒரு உறுப்பாக மாறி விட்டது. இக்காம்பின் தோற்றமும் நோக்கமும் செஸ்ட்நட்டு மொக்கிலுள்ள செதில்களின் தோற்றத்தையும் நோக்கத்தையும் போன்றவை. இவை இரண்டும் இலையின் அலகு போல் வளர்ந்துள்ள காம்பைக் குறிக்கின்றன. ஒன்று மொக்கிலுள்ள இளம் இலைகளைப் பாதுகாக்கிறது, மற்றொன்று பூவின் மென்மையான உட்பகுதிகளைப் பாதுகாக்கிறது. இந்த உறுப்பிற்குப் **புல்லி** என்று பெயர். இவை அடங்கிய வட்டத்திற்குப் **புல்லி வட்டம்** என்று பெயர். இவ்விதமாகப் புல்லி என்பது மாறுபாடுற்ற இலையன்றி வேறில்லை. பல உதாரணங்களில் இது தெளிவாகக் காணப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக ரோஜாப் பூவின் புல்லியில் இலையின் அலகு



படம் 7 (மேல் பக்கம்), படம் 8 (கீழ்ப் பக்கம்)

...ணப்படுகிறது. பியோனி போன்ற ஒரு சில தாவரங் ...ளின் இலைகளில்தான் இது போன்ற படிப்படியான மாறு ...பாட்டைக் காண்பதற்கு நமக்குச் சந்தர்ப்பம் கிடைக்கிறது.

பூவில் புல்லிகளைத் தொடர்ந்து ஏராளமான வர்ண ...முள்ள இலைகள் தோன்றுகின்றன. இவற்றில் சில வெண் ...மையாகவும், சில நல்ல நிறமுள்ளவையாகவும் இருக்கும்; இவற்றில் சிலவற்றிற்கு சாட்டின் அல்லது வெல்வெட் போன்ற மேற்பரப்பு உண்டு; இவற்றைப் போன்றுதான் ...யற்கைப் பூக்கள் ஆடம்பரமான சாயலை மேற்கொள்ளு ...கின்றன. இப்பகுதிகளுக்கு **அல்லிகள்** என்று பெயர், இவை ...டங்கிய வட்டம் **அல்லி வட்டம்** எனப்படும். இதில் ஒரு மிகப் பெரிய மாறுபாடு காண்கிறோம். ஏனென்றால் ரோஜாப் பூவின் அல்லிகளுக்கும், புல்லிகளுக்கும் எந்த விதமான ஒற்றுமையும் இல்லை. சற்று நேரம் இப்பூவை ஒதுக்கி வைத்துவிட்டு வேறு ...ல பூக்களைப் பார்ப்போம். பியோனி பூவில் கூட இவை இரண்டிற்குள் உள்ள தொடர்பைக் காட்ட முடியும். இதில் புல்லிக்குச் சிவப்பு விளிம்பு உள்ளது, அல்லியின் மேற்பக் ...த்தில் ஒரு சிறு குழிவு உள்ளது (படம் 8). இது புல்லியில் ...ள்ளதைப் போன்று இருக்கிறது (படம் 7, வலது பக்கம்). ...மேலியாவைப் பார்த்தால் நாம் திகைப்படைகிறோம். ஏனென்றால் இங்கு எங்கு புல்லி முடிவடைகிறது, எங்கே அல்லி தொடங்குகிறது என்பதைக் கண்டுபிடிக்க முடியாது. பச்சை நிறமான கடினமான புல்லியிலிருந்து மென்மையான வெள்ளை அல்லது சிவப்பு நிற அல்லி தோன்றுவது படிப் படியாகவும் கண்ணுக்குத் தெரியாமலும் நிகழ்கிறது. எனவே அல்லி என்பது மாறுபாடுற்ற புல்லிதான். புல்லி மாறுபாடுற்ற இலை. எனவே அல்லியும் ஒரு வகை இலைதான்.

இப்பொழுது நாம் பூவின் உட்பகுதியைக் காண்போம். இதற்கு உதாரணமாகப் பெரிய அளவுள்ள ஆம்பல் பூவை எடுத்துக்கொள்வோம். பூவின் மத்தியப் பகுதியிலிருந்து ஏராள மான உறுப்புக்கள் துருத்துகின்றன. இவை ஒவ்வொன்றிற் ...கும் மெல்லிய தண்டு உள்ளது. இதன் மீது குறுக்காக இரண்டு மஞ்சள் நிறக் கோழி முட்டை வடிவமான பைகள் வைக்கப்பட்டுள்ளன, இவற்றில் நீளப் போக்கில் ஒரு பிளவு உள்ளது. இப்பிளவு வழியாக உலர்ந்த ஆரஞ்சு நிறத் தூள்

வெளி வருகிறது. இது மகரந்தத்தூள். இந்த உறுப்புக் களுக்குக் **கேசரங்கள்** என்று பெயர். தூள் உள்ள பைகளுக்கு **மகரந்தப் பைகள்** என்று பெயர். இவற்றைத் தாங்கிக் கொண்டிருக்கும் காம்பிற்குத் **தாள்** என்று பெயர். கேசரத் திற்கும் அல்லிக்கும் எந்த விதமான உறவும் இல்லை என்று நாம் எண்ணக் கூடும். ஆனால் முடிவு கட்டுவதற்கு முன்பு தகுந்த உதாரணம் ஒன்றை எடுத்துக்கொள்வோம். வெள்ளை ஆம்பலைப்பற்றி எல்லோருக்கும் நன்கு தெரியும். இது நம் நாட்டில் உள்ள குளங்களிலும் ஓடைகளிலும் சாதாரணமாகக் காணப்படுகிறது. இதற்குப் பெரிய வட்ட வடிமான இலைகள் உண்டு. இதன் இலைகளும் பூக்களும் தண்ணீர் மட்டத்திற்கு மேலே மிதந்து கொண்டிருக்கின்றன. இப்பூக்களில் ஒன்றைக் கொய்து பகுதி பகுதியாக நாம் பிரித்து எடுப்போம். அதன் பகுதிகளை செஸ்ட்நட்டின் மொக்கில் செய்தது போல் பரப்பி வைப்போம். இங்கு எல்லாவற்றிற்கும் வெளியில் உள்ள பகுதியில் தொடங்கிப் பூவின் மையத்திற்கு அருகில் வந்து முடியும் பகுதியோடு நாம் வரிசைப் படுத்துவதை முடிக்க வேண்டும். வெளிப் பக்கத்தில் உள்ளவை வெண்மையான அல்லிகள். உள் பக்கத் தில் உள்ளது மகரந்தத் தூள் நிறைந்த மஞ்சள் மகரந்தப் பை களும் சற்று அகன்ற தட்டைத் தாளும் கொண்ட உறுப்பு. இது கேசரம் என்று கண்டுகொள்கிறோம் (படம் 9). இந்த உதாரணத்திலும் அதே விதமான புலப்படாத மாறுபாட்டை மறுபடியும் காண்கிறோம். இங்கு முழுமையான ஒரு வெண்ணிற அல்லி இருக்கிறது. இதன் உச்சியில் இரண்டு மஞ்சள் நிறப் புல்லிகள் தோன்றுகின்றன. அல்லியின் கீழ்ப் பகுதிகுறுகலாகக் குறுகலாக இப்புல்லிகள் அளவில் பெரிதா கின்றன. இரண்டு நீண்ட கோள வடிவமான பைகள் தெளிவாகத் தெரிகின்றன. அல்லியில் கீழ்ப்பகுதி தாளாக மாறுகிறது. இதுதான் முடிவில் உண்மையான கேசரம்.

இதிலுள்ள மகரந்தப் பைகள் நீளப் போக்கில் வெடித்து மகரந்தத் தூளைச் சிந்துகின்றன. இவ்விதமாக அல்லி கேசர மாக மாறியது. இவ்வித மாறுபாடு சாத்தியம் என்பதைப் பூ பராமரிப்பவர்கள் செய்த பரிசோதனைகள் நிரூபித்துக் காட்டுகின்றன. இவர்கள் இங்கு நிகழ்ந்ததற்கு நேர்மாறான

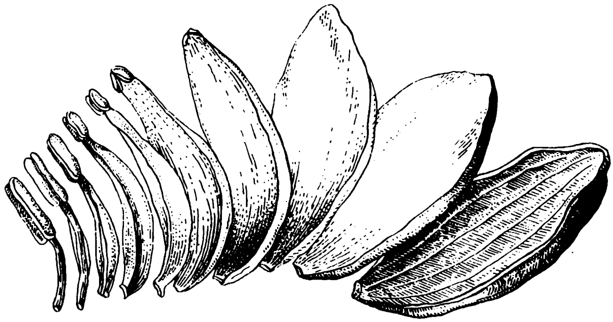
மாறுபாட்டைச் செய்கிறார்கள். இவர்கள் கேசரங்களை அல்லிகளாக மாற்றுகிறார்கள். இவ்விதமாக அல்லிகளாக மாற்றப்பட்ட கேசரப் பூக்களுக்கு **இரட்டைப் பூக்கள்**[1] என்று பெயர். உதாரணமாக பியோனிப் பூவை எடுத்துக்கொள்ளுவோம். அதில் ஐந்து அல்லிகளும் பல கேசரங்களும் இருக்கின்றன. ஆனால் இரட்டை பியோனிப் பூவில் நிறைய அல்லிகள் உள்ளன, இதற்கு ஏற்பக் குறைந்த கேசரங்கள் இருக்கின்றன. சற்று நுணுக்கமாகக் கவனித்தால் உட்பக்க அல்லிகள் மாறும் கட்டத்தில் உள்ள கேசரங்கள்தாம் என்று தெரியும். சற்றே சுருங்கியுள்ள, நல்ல சிவப்பான அல்லிகளின் விளிம்பிலே மஞ்சள் நிறமான, கிட்டத்தட்ட நன்கு வளர்ந்த மகரந்தப் பைகள் இடம் பெற்றுள்ளன. நமது ரோஜாப் பூவின் முன்னோடியான காட்டு ரோஜாவில் நாம் ஐந்து அல்லிகளை மட்டுமே காண்கிறோம். இதில் ஏராளமான எண்ணிக்கையுள்ள கேசரங்கள் உள்ளன. ரோஜாப் பூவில்இவற்றில் சில அல்லிகளாக மாறுதலையடைந்து விட்டன. இதனால் நம் ரோஜாவில் அல்லிகளின் எண்ணிக்கை ஐந்திற்கு மேலே உள்ளது. உடலியல் கண்ணோட்டப்படி பார்த்தாலும் இரட்டைப் பூக்கள் மிகவும் அக்கறைக்குரியவை. ஏனென்றால் இவற்றைச் செயற்கையாக உற்பத்தி செய்ய முடியும். மொக்கின் வெளிப்புறச் செதில் இலைகளைக் கூடச் செயற்கையாக உண்மையான இலைகளாக மாற்ற முடியும். எனவே ஒரு வகை இலை மற்றொரு வகை இலையாக மாறுதலுறுவதை அவதானிக்கை மட்டுமல்லாமல், மிக அதிக நம்பிக்கையூட்டும் முறையான பரிசோதனை மூலமாகவும் நிரூபித்துக் காட்ட முடியும்.

நமது ஆராய்ச்சியைத் தொடர்ந்து இப்பொழுது நாம் பூவின் மையப் பகுதிக்கே வந்து விட்டோம். கேசரங்களுக்குப் பின்பு நாம் பூவின் கடைசிப் பகுதியைச் சந்திக்கிறோம். நான் கடைசிப் பகுதி என்று கூறுகிறேன். ஏனென்

---

[1] இப்பொழுது கூறிய இரட்டைப் பூவைப் போன்றுதான் இயற்கையில் பூவின் பகுதிகள் தோன்றின. அதாவது கேசரங்கள் அல்லிகளாக மாறுதலடைகின்றன. அல்லிகள் கேசரங்களாக மாறுவதில்லை.

ருல் இது பூவின் மையப் பகுதியாக விளங்குகிறது. இது பூவின் வளர்ச்சிக்கு முடிவுத்தானமாக விளங்குகிறது. இவ் விதமாக இது தண்டின் வளரும் பகுதிக்குள் கடைசி இட மாக அமைகிறது. தண்டின் இப்பகுதி பூவுடன் முடிவடைந்து விடுகிறது. **சூலிலை** எனப்படும் இவ்வுறுப்பு அடிப்பாகம் **(சூலறை)** பருத்தும், கழுத்து **(சூல்தண்டு)** நீண்டும், உச்சி **(சூல்முடி)** உருண்டும் வடிவில் உலக்கையைப் பெரிதும் ஒத்தி

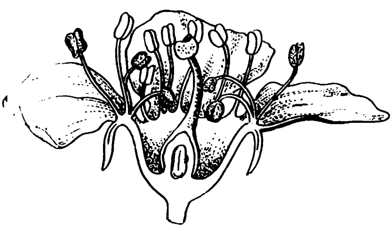


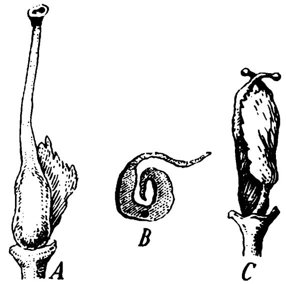
படம் 9

ருப்பதால் முசலி என்றும் அழைக்கப்படும் (படம் 10 செர்ரிப் பூ).

ஒரு பூவில் ஒன்றிற்கு மேற்பட்ட சூலிலைகள் இருக்க லாம். சூலிலையின் கீழ்ப் பகுதியான சூலறையின் உட்புறம் குழிவானது. இதஞல் அந்த உறுப்பு முழுவதும் ஒரு சிறு சீசாவைப் போன்று உள்ளது. இந்தக் குழிக்குள் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட பல சிறு உருண்டையான, வெண்மையான பொருள்கள் காணப்படுகின்றன. இவை **சூல்கள்** எனப்படும். இந்த உறுப்பை நாம் சந்தேகத்துடன் தான் சந்திக்க வேண்டியிருக்கிறது. இப்பொழுது இலைக்கும் இதற்கும் எந்த விதமான தொடர்பையும் நாம் கண்டுபிடிக்க வே முடியவில்லை. ஆஞல் மற்ருெரு சாதகமான உதாரணத் தின் மூலம் இவ்வுறுப்பு ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட சிறு இலைகளிலிருந்து தோன்றியிருக்கக்கூடும் என்பதை வெற்றி கரமாக நிரூபிக்கலாம். சில அசாதாரணப் பூக்கள் இந்த

பொருத்தத்தைக் கண்டுபிடிக்க நமக்கு வழி காட்டும். உதாரணமாக இரட்டைச் செர்ரி அல்லது காட்டுச் செர்ரியின் பூக்களை எடுத்துக்கொள்வோம். இப்பூக்களின் சூலிலை சீசா போன்ற ஒரு வகை உறுப்பிலிருந்து மெல்லிய இலையாக மாறுகிறது. இவற்றின் எண்ணிக்கை ஒன்று அல்லது இரண்டாக இருக்கும் (படம் 11)[1]. பல உதாரணங்களில் சூலிலையின் இலைத் தன்மையையும், அதன் விளைவான பழத்தின் இலைத்


படம் 10



படம் 11

தன்மையையும் எடுத்துக்காட்ட அசாதாரணப் பூக்களைத் தான் குறிப்பிட வேண்டும் என்ற அவசியமில்லை. அவரைச் செடியின் காயையே உதாரணமாக எடுத்துக் கொண்டால் போதும். அல்லது பியோனிச் செடியின் பழத்தை எடுத்துக் காட்டாகக் கொண்டால் போதும் (படம் 6). இப்பழங்கள் இலைகள் தவிர வேறொன்றுமில்லை என்பதை இவை வலியுறுத்துகின்றன. இவற்றின் முனைகள் குவிந்து ஒன்றாக இணைந்து வளர்ந்து உள்ளன என்பதை அவற்றில் உள்ள நீளப் போக்கான இணைப்பு காட்டுகிறது. இது உள்ளே காலியாக உள்ளது. வெடிக்கும் நிலையில் உள்ள கனி அது, எனவே அது உருவாக மூலமாக இருந்த சூலிலை, விளிம்புகள் இணைந்துள்ள பல சிறு இலைகளால் ஆனது என்பதைக்

---

[1] A—இலையாகப் பாதியளவு மாற்றப்பட்டுள்ள முசலி; B—அதே முசலி குறுக்குத் தோற்றத்தில்; C—இரண்டு இலைகளாக மாறியுள்ள முசலி.

காட்டுகிறது. எனவே சூலிலை என்பது ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட மாறுதலுள்ள இலைகளிலிருந்து தோன்றியது என்பது தெளிவு. எல்லா அசாதாரணப் பூக்களிலும் சூலிலைகள் செர்ரியில் போல் உண்மை இலைகளாக மாறுவதில்லை. மற்றச் சந்தர்ப்பங்களில் சூலிலை அதனுடன் நெருங்கிய உறவுள்ள உறுப்புகளான கேசரமாகவும், அல்லிகளாகவும் மாறுதலடைகிறது. சூலிலை கேசரமாக மாறுவதைச் சில சந்தர்ப்பங்களில் வில்லோ பூவில் காணலாம். விளிம்புகளில் வெண்மையான, பளபளக்கும் சூல்களைப் பெற்றுள்ள இரட்டைப் பியோனிப் பூவில் சில சமயங்களில் பளிச்சிடும் சிவப்பு நிறமான அல்லிகள் தோன்றுவதைக் காணலாம். இவை உண்மையில் அல்லிகளாக மாறுதலடைந்த சூலிலைகள்தாம். இவற்றில் சூல்கள் உள்ளன. இதிலிருந்து தெளிவாவது என்னவென்றால், சூலிலை அதற்கு முந்திய உறுப்புகளாக மாற முடியும் என்பதுதான். அதாவது, அது கேசரமாகவும் அல்லிகளாகவும், பசுமை நிற இலையாகவும் மாறுதலடைய முடியும். இந்த உறுப்புகள் எல்லாம் ஒரே மூலத்திலிருந்துதான் உருவாகியுள்ளன என்பது இதிலிருந்து நிரூபணமாகவில்லையா?

தாவரத்தைப் பற்றிய நமது ஆய்வில் நாம் அதன் மைய உறுப்பான சூலிலை வரைக்கும் வந்து விட்டோம். இதற்கு மேலே போக இடமில்லை. சூலிலையின் உள்ளே ஆழமாகப் புகுந்து ஆராய மட்டுமே நமக்கு இயலும். சூலறைக் குழியில் சூல்களைக் காண்போம் என்று நாம் முன்பே கூறிள்ளோம். இந்தச் சூல்கள் என்பன யாவை? இந்த விஷயத்திலும் கூடச் சில அசாதாரணப் பூக்கள் நமக்கு விடையளிக்கும். சூலிலை இலைகளாக மாறியுள்ள பூக்களில் சூல்கள் இருக்க வேண்டிய பகுதியில் பச்சைச் சிற்றிலைகளையோ அல்லது இலை மொக்குகளையோ நாம் காண்கிறோம். ஆகையினால் சூல்களோ அல்லது சூல்களின் பகுதிகளோ இலை அல்லது சிற்றிலையின் பகுதிகள்தாம். இவ்வாறு, ஒரு பூவின் எல்லாப் பகுதிகளும் உருமாறிய இலைகள் தவிர வேறில்லை, முழுப் பூவும் மாற்றம் அடைந்த இலை மொக்கு தவிர வேறில்லை என்ற பொதுவான முடிவுக்கு நாம் வருகிறோம். பூக்களின் நடுவிலிருந்து இலைகள் அடர்ந்த பசுங்கொம்புகள்

வாரும் சகஜமான நிகழ்ச்சிகள் இந்தக் கருத்தை உறுதிப் படுத்துகின்றன. சூலறைக் குழியிலிருந்து நேரடியாக வளர்ந்த பல கொம்புகளும் உள்ளன. இவற்றை வெட்டி நட்ட பொழுது இவை வேர் விட்டு வளர்ந்தன.

ஆனால் சூல்—பச்சை இலையாக வளரும் அசாதாரணச் சூல் அல்ல, சாதாரணச் சூல்—என்ன ஆகிறது? மரத்தில் பூப் பூத்து, அல்லிகள் உதிர்ந்து, கேசரங்கள் மறைந்து, சூலிலை பழமாக மாறிய பின்பு, சூல்கள் விதைகளாக மாறுதலடையும். இவ்விதைகளில் புதிய தாவரத்தின் முளைக் கருக்கள் உள்ளன. இந்தக் கட்டத்துடன் தாவரத்தின் வெளிப் பகுதிகளைப் பற்றிய வர்ணனை பெரும்பாலும் முடிவடைந்து விட்டது. தாவரத்தின் வாழ்க்கையில் உள்ள புறத் தோற்றங்கள் முழுவதையும் நான் உங்கள் முன்பு எடுத்துக் காட்டி விட்டேன். நாம் விதையிலிருந்து தொடங்கினோம், விதைக்கே திரும்பி விட்டோம். இந்த விதமாக நாம் தாவரத்தின் வாழ்க்கை வட்டம் முழுவதையும் கண்டு முடித்து விட்டோம். இவ்வட்டத்தைத் தொடர்ந்து மற்றொரு வட்டம் நிகழும். இவ்வாறு முடிவில்லாமல் தலைமுறை தலைமுறையாக நிகழும். சலிப்பூட்டுவது ஆயினும் அடுத்துவரும் விரிவுரைகளுக்கும் இன்றியமையாத பூவின் உறுப்புக்களைப் பற்றிய பட்டியலை உங்களுக்குக் கூறும் பொழுது அப்பகுதிகளை எல்லாம் ஒரே ஒரு மையக் கருத்தான உருமாற்றத்துடன் இணைத்துக் கூறியதன் வாயிலாகச் சிறிது கவர்ச்சியுள்ளதாக்க முயன்றேன். இக்கருத்திற்கு விஞ்ஞானியும் கவிஞருமான கோதே என்பவருக்கு விஞ்ஞானம் மிகவும் கடமைப்பட்டுள்ளது. இக் கண்ணோட்டத்தைக் கொண்டு ஆராய்ந்தால், தாவரத்தின் வாழ்க்கை பட விளக்கில் தோன்றும் தொடர்ச்சியாக மாறும் மாயப் படக் காட்சியான பான்டாஸ்மகோரியா போல் தென்படுகிறது. உங்கள் கண் முன்னால் உறுப்பு ஒன்றிற்கு முழு வடிவத்தைப் பெற மட்டுமே நேரமிருக்கிறது. உடனேயே அதன் வடிவம் மாறுகிறது. அது இனங்கண்டு கொள்ள முடியாதது ஆகிறது, தெளிவு அற்றதாக மாறுகிறது, பின்பு படிப்படியாகத் தெளிவு பெற்று மற்றொரு வடிவத்தில், மற்றொரு உறுப்பாகத் தோன்றுகிறது. இந்நிலை தொடர்ந்து நிகழ்கிறது. ஒரு உறுப்பிற்குப் பதிலாக மற்றொரு

உறுப்பு தோன்றுகிறது. ஒரு உறுப்பு புலப்படா வகையில் இன்னொரு உறுப்பாக மாறுபடுகிறது. இது ஒரு வளர்ச்சியின் வட்டம் முடிவடையும் வரை நிகழ்கிறது. முடிவில் முதலில் தோன்றிய உறுப்பு மறுபடியும் தோன்றுகிறது. இது வரைக்கும் நாம் தாவரத்தில் இலை உறுப்பை மட்டுமே கருத்தில் கொண்டிருந்தோம். ஆனால் தாவரத்தின் உடலில் இன்னும் இரண்டு வேறு விதமான உறுப்புகளும் இருக்கின்றன. இவற்றின் ஆரம்பத்தை நாம் விதையிலேயேகாண்கிறோம். இவற்றில் ஒன்று இலைகளைத் தாங்கும் பகுதியான தண்டு, மற்றொன்று வேர். இவ்விரு உறுப்புக்களும் வெவ்வேறானவை. இவை வெவ்வேறு சூழ்நிலைகளில் வளர்கின்றன. இவை மிகவும் அபூர்வமான கட்டங்களில் மட்டும் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றாக மாறும் தன்மை பெற்றவை. சில சமயங்களில் தண்டு தரைக்கு அடியில் செல்லுகிறது, அது வேரின் பண்புகளைப் பெறுகிறது. அல்லது சில வேளைகளில் வேர் தரைக்கு மேல் வருகிறது, இதில் இலைகள் வளர்கின்றன. இது தண்டின் பண்புகளை மேற்கொள்ளுகிறது. எனவே தண்டும், வேரும் தாவரத்தின் **அச்சு** எனப்படும் ஒரே உறுப்பின் வெவ்வேறு வகைத்தான வாழ்க்கைச் சூழ்நிலைகளுக்கு ஏற்பத் தகவமைப்பு கொண்ட வடிவங்கள். இந்த அச்சின் துணை உறுப்பு இலை. இதில் பல தோற்றங்கள் உள்ளன: செதில்கள், அல்லிகள், கேசரங்கள். இவைதாம், நிறை வளர்ச்சியுற்ற தாவரம் தன் வாழ்க்கைக் காலத்தில் உற்பத்தி செய்யும் அடிப்படையான வெளி உறுப்புகள்.

* *

தாவரத்தைப் பற்றிய பொதுப்படையான கருத்துப் படி அது விதையில் தொடங்கி, விதையில் முடிவடைகிறது என அனுமானித்துக் கொண்டோம். ஆனால் தாவரத்தின் வாழ்க்கைத் துவக்கத்தை, மூலத்தை விதையைக் கொண்டு விளக்குவது பற்றிச் சந்தேகம் எழுகிறது. ஒரு வேளை விதையின் வரம்புகளுக்கு அப்பால் சென்று தாவரத்தின் இன்னும் எளிய தொடக்கத்தை நாம் அடைய முடியாதா? ஏனென்றால் நாம் வர்ணித்த விதையே மிகச் சிக்கல் நிறைந்த அமைப்புள்ளது. அதன் முளைக் கருவில் ஒரு சிறு தாவ

ங்கொரு நாம் காண்கிறோம். இதில் அநேகமாகத் தாவரத்தின் பகுதிகள் அனைத்தும் காணப்படுகின்றன.

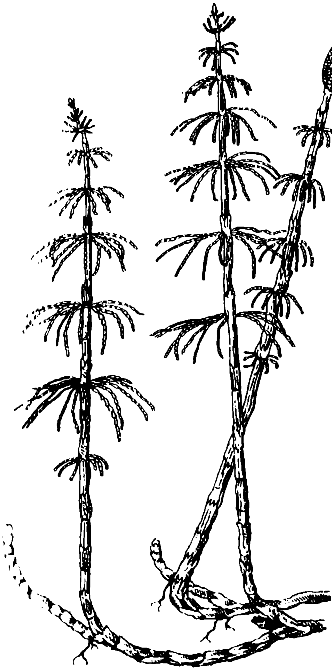
தாவரத்தின் இந்தச் சிக்கலில்லாத ஆரம்பக் கட்டத்தைக் கண்டுபிடிக்க இது வரைக்கும் கண்ட பூக்களும் விதைகளும் கொண்ட மாதிரியான தாவரங்களிலிருந்து வேறுபட்டுக் காணப்படும் தாவரங்களை அவதானிக்க வேண்டும்.



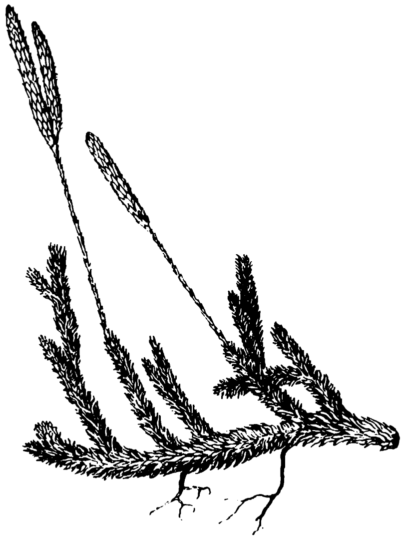
படம் 12

கற்பனா சக்தியால் முயன்று நீங்கள் ஒரு நிமிட நேரம் இந்தச் சூழ்நிலையிலிருந்து அகன்று மாஸ்கோவின் சுற்றுப் புறத்திலுள்ள கவர்ச்சி மிக்க இடங்களில் ஒன்றுக்கு, உதாரணமாகக் குந்த்ஸேவோவுக்கு, மானசீகமாகச் செல்வதாகவும் குந்த்ஸேவோ பள்ளத்தாக்கில் ஒற்றையடிப் பாதை வழியே இறங்குகையில் ஏற்பட்ட உளப்பதிவுகளை நினைவு படுத்திக்கொள்ள முயல்வதாகவும் கருதிக்கொள்ளுங்கள்.

அங்குள்ள பசும் புதர்கள் அடர்த்தியாகி, பள்ளத்தாக்கின் ஆவிசெறிந்த ஈர வளிமண்டலம் உங்களைச் சூழ்ந்து கொண்ட போது ஒரு தனிப்பட்ட வகைத் தாவர இனம் உங்கள் முன் தென்பட்டது என்பதை நீங்கள் நினைவுகூர்வீர்கள். அலங்காரத் தோற்றம் கொண்ட விரிந்த பெரணித் தண்டிலைகள் (படம் 12) பச்சைத் தீக்கோழி இறகுக் கொத்துக்கள் அல்லது மண்ணில் செருகிய தென்னைமர முடிகள் போலப் பள்ளத்தாக்கின் அடித்தரையிலும் சரிவுகளிலும் துருத்திக் கொண்டிருக்கின்றன. இன்னும் கீழே, ஓடையின் சதுப்பான கரையிலும் நீரிலும் அல்லது சேற்று நீர்க் குட்டத்திலும் பிரஷ் போன்ற குதிரை வால் செடிகள் கும்பல் கும்பலாக மண்டியிருப்பதைக் காண்பீர்கள். சிலவற்றின் உச்சியில் கரிய கூம்புகள் ஒருசில இன்னும் எஞ்சியிருக்கின்றன (படம் 13). இவ்விதக் காட்சி நமக்குப் பழக்கமற்றதாகவும் புதிதாகவும் இருக்கிறது. பள்ளத்தாக்கின் உச்சிப் பகுதியில் காணப்பட்ட தாவரங்களிலிருந்து இது முற்றிலும் வேறுபட்டது என்பதை நாம் நம்மையறியாமலேயே உணர்கிறோம். தானாகத் தோன்றும் இவ்வுணர்வு ஒன்றும் பிரமையல்ல. பெரணிகள், குதிரைவால் செடிகள் ஆகியவை கொண்ட இந்த உலகம் உண்மையிலேயே ஒரு தனிப்பட்ட உலகம். கடந்து சென்ற புவி இயல் யுகங்களில் நமது கிரகத்தில் பரவியிருந்த பழைய தாவர இனங்களின் உதாரணங்கள் இவை. இந்தப் பெரணிகளும் குதிரை வால் செடிகளும் அவற்றுடன் உறவு கொண்டவையும் நமது காடுகளில் மிகச் சாதாரணமாகக் காணப்படுபவையுமான செடிகளும், உதாரணமாக உலர்ந்த, பாசியை ஒத்த, ஆங்காங்கு மஞ்சள் கதிர் நீட்சிகள் துருத்திக் கொண்டிருக்கும் நிலப்பாசி எனப்படும் படர்செடிகளும் (படம் 14), இந்த எல்லாத் தாவரங்களும் அல்லது இவற்றைப் போன்ற வடிவங்களுமே நிலக்கரிப் படுகைகள் உருவான காலத்தில் நமது கிரகத்தில் நெடுகப் பரவியிருந்த தாவரங்களாகும். நிலக்கரியில் இவ்வகைச் செடிகளுக்கு உரித்தான முழு அடித் தண்டுகளின் எச்சங்களும் அச்செடிகளின் இலை, பழம் ஆகியவற்றின் பதிவுத் தடங்களும் இருக்கின்றன. இவ்வித மிச்சப் பகுதிகள் சிறிதளவு கற்பனையுடன்,



படம் 13



படம் 14

மனிதன் கண்களால் கண்டிராத நமது பூமியின் பழங்காலத் தாவரங்களைப் பற்றி அறிய உதவுகின்றன. அப்பழங்காலக் காடுகளில் மரங்கள் போன்ற பெரணிகள் இருந்தன. இவ் வகைச் செடிகள் தற்காலத்தில் ஈரப் பசையுள்ள உஷ்ண மண்டல நாடுகளிலும் வெப்ப அறைகளிலும்தான் காணப் படுகின்றன. தரையில் ஊர்ந்து படரும் குட்டையான நிலப் பாசி அக்காலத்தில் பிரம்மாண்டமான செதில் மரமாகக் (லெபிடோடென்ட்ரான்) காட்சி தந்தது. தற்போது தென் அமெரிக்காவின் சில இடங்களில் மட்டும் பன்னிரண்டு அடிக்கு மேல் வளரும் நமது மெலிந்த, குட்டையான குதிரை வால் செடிகளின் பிரதிநிதிகளோ கலாமைட்டுகள், எகியுசெடைட்டுகள் போன்ற மரங்களாக இருந்தன.

நான் சிலசமயம் ஒரு சொற்றொடரைப் பயன்படுத்தியுள்ளேன். இதை விளக்க வேண்டியுள்ளது. இவ்விளக்கம் நமது விவாதத்தின் முக்கியப் பகுதிக்கே நம்மை இயல்பாக அழைத்துச் செல்லும். நிலப் பாசி பெரணியுடனும் குதிரை வால் செடியுடனும் உறவுள்ளது என்றும் இந்தச் செடிகளின் தற்கால வடிவங்கள் எல்லாம் பாசில்களுடன் தொடர்பு பெற்றவை என்றும் கூறினேன். இவற்றிற்கு இடையே உள்ள உறவு எதில் அடங்கியிருக்கிறது? இந்தப் பெரணிகளும், குதிரை வால் செடிகளும், நிலப் பாசிகளும் ஊசியிலை மரங்களிலிருந்தும் அகன்ற இலை மரங்களிலிருந்தும் எங்ஙனம் வேறுபடுகின்றன?

விஞ்ஞானத்துடன் தொடர்பில்லாத மக்களிடையே கூட, பல வருடங்களுக்கு முன்பு பெரணியின் வாழ்க்கையில் உள்ள சில சிறப்புப் பண்புகளை அறியும் அவா எழுந்தது. ருஷ்யாவில் புனித யோவான் நாளுக்கு[1] முந்திய நாளன்று பெரணிகள் பூக்கின்றன என்ற கவிக் கற்பனை நிலவி வருகிறது. பெரணிகளில் பூ தோன்றுவதில்லை என்பது அவற்றில் மற்றச் செடிகளைப் போல் பூக்கள் இல்லை என்ற உண்மையை அடிப்படையாகக் கொண்ட கட்டுக் கதையாகும். இது குதிரை வால் செடிகளுக்கும், நிலப் பாசிக்கும் பொருந்தும். இச்செடிகள் எல்லாம் **பூவாத தாவரங்கள்** என அழைக்கப்படுகின்றன. ஆனால் இவற்றிற்குப் பூ இல்லாமல் இருந்தால் இவற்றில் விதைகளும் இல்லாமல் இருக்க வேண்டும்.[2] விதைகள் பூக்களின் சூல்களிலிருந்து உருவாகின்றன. இவை எங்ஙனம் இனவிருத்தி செய்கின்றன? பெரணி இலையின் அடிப்பகுதி, குதிரை வால் செடியின் கறுப்புக் கூம்புகள், நிலப்பாசியின் மஞ்சள் கதிர்நீட்சிகள் ஆகியவற்றைப் பார்த்தால், அவை பருவம் அடைந்தவுடன் பின்வரும்

---

[1] யோவான் நாள்—ஸ்லாவியர்கள், வேறு சில ஐரோப்பிய மக்கள் இனத்தினர் ஆகியோரால் கொண்டாடப்பட்டு வந்த விவசாயத் திருநாள். ருஷ்யாவில் இது கடக சங்கராந்தியை ஒட்டி ஜூன் 24ந் தேதி கொண்டாடப்பட்டது.—**(ப-ர்.)**

[2] இந்த முடிவு தவறு என்பதை நாம் பின்பு காண்போம்.

பொதுப் பண்பைப் பெற்றிருப்பதைக் காணலாம். இவற்றை மென்மையான தாள் ஒன்றின் மேலாகக் குலுக்கினால் அவற்றிலிருந்து பழுப்பு நிறத்திலோ அல்லது மஞ்சள் நிறத்திலோ உள்ள மிக மென்மையான தூள் நமக்குக் கிடைக்கிறது. இத் தூளில் மிகவும் நுணுக்கமான உயிரணுக்கள் உள்ளன. இவற்றை உருப்பெருக்கியின் உதவி கொண்டுதான் காண முடியும். இவற்றை ஓரங்குல நீளத்திற்கு வரிசைப் படுத்தினால், அவ் வரிசையில் இவை ஆயிரத்திற்கு மேற்பட்டு இருக்கும். இவை அத்துணை நுணுக்கமானவை. இத்தூளில் உள்ள ஒவ்வொரு உயிரணுவும் ஒரு செடியை உற்பத்தி செய்ய முடியும். இதோ இங்கு லைகோபோடியத் தூள் உள்ளது. இது மிருதுவாக இருக்கிறது, மஞ்சள் நிறமானது. இத்தூள் நிலப்பாசிச் செடியின் கதிர்நீட்சிகளிலிருந்து உதிர்கிறது (படம் 14). இது இரசாயன அறிஞர்களால் மாத்திரைகள் செய்யப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதில் ஒரு கைப் பிடியளவு எடுத்து மெழுகுவத்திச் சுவாலையில் நான் வீசுகிறேன். மின்னல் போன்ற பளிச்சிடும் ஒளியுடன் இத்தூள் படலம் பிரகாசிக்கிறது. இந்த முறை பழங்காலத்தில் நாடக மேடையில் மின்னலைத் தோற்றுவிக்கப் பயன்பட்டது. இந்தச் சிதைவினால் லட்சக்கணக்கான வருங்காலச் செடிகள் அவற்றின் கரு நிலையிலேயே அழிந்துவிட்டன. கண்ணுக்குத் தெரியாத இந்த உறுப்புக்களை **விதைத்தூள்கள்** என்று தாவரவியல் அறிஞர்கள் அழைக்கின்றனர். இவற்றிலிருந்து தோன்றும் விதை, பூக்கள் ஆகியவை இல்லாத தாவரங்கள் **விதைத்தூள் உள்ள தாவரங்கள்** எனப்படுகின்றன. மேலே குறிப்பிடப்பட்டுள்ள தாவரங்கள் தவிர இந்த இனத்தில் **பாசி, நீர்ச் செடி, காளான்கள்** ஆகியவை அடங்கும். கடைசி இனத்தில், பூஞ்சக்காளான், நாய்க் குடைகள் ஆகியவை இடம் பெறுகின்றன.

இதிலிருந்து, கண்ணுக்குத் தெரியாத பூஞ்சக்காளானாக இருந்தாலும் சரி, அல்லது பெரிய மரப் பெரணியாக இருந்தாலும் சரி, கட்புலனாகாத துகள்—விதைத்தூள்—ஒன்றில் அடங்கியுள்ளது என்பதை நாம் காண்கிறோம். இந்த விதைத்தூள் என்பது என்ன? இது தாவரத்தினுடைய வாழ்க்கையின் சுலபமான துவக்கப் பகுதி அல்லவா? இதைத்

தானே நாம் தேடிக் கொண்டிருக்கிறோம்? இதை நாம் விதையில் கண்டுபிடித்து விட்டதாகக் கருத முடியாது.

உண்மையில், உருப்பெருக்கியின் மூலம் ஆராயும் பொழுது விதைத்தூளில் தடிப்பான வெளிப் பகுதி கொண்ட ஒரு பை உள்ளது என்பது தெரிகிறது. இப்பையினுள் திரவ வடிவிலும், அரைகுறைத் திரவ வடிவிலும் உள்ள பொருள்கள் உள்ளன. இதுதான் **உயிரணு** எனப்படும். ஒவ்வொரு அங்கஜீவிக்கும் உரிய யாவற்றிலும் எளிய துவக்கத்தை நாம் உயிரணுவிலேயே காண வேண்டும். இதன் பகுதிகளைத் தனித்து வாழும் திறமையுள்ள கூறுகளாக நம்மால் பிரிக்க முடியவில்லை. உயிரணு இயற்கை உருவ இயல் சோதனைக்கு வரம்பாகத் திகழ்கிறது. இது உயிர் அலகு. இவ்வாறாயின், நமக்கு ஒரு கேள்வி கேட்கத் தோன்றுகிறது. விதையின் வளர்ச்சியை உயிரணுவிலிருந்து தொடங்கிச் சொல்ல முடியாதா? ஏனென்றால் வேர், தண்டு,விதையிலைகள் ஆகியவற்றுடன் அது நேரடியாகத் தோன்றவில்லை. ஒவ்வொரு விதைத் தாவரமும் ஒரு உயிரணுவிலிருந்துதான் தோன்றியது என்பதை நாம் இன்னொரு விரிவுரையில் நிரூபிக்க வேண்டிய சந்தர்ப்பம் வரும். சூலின் அமைப்பைப் பற்றி நன்கு தெரிந்து கொள்ளும் பொழுது அதில் இந்த உயிரணுவை நாம் கண்டுபிடிப்போம். எனவே ஒவ்வொரு விதைத்தாவரமும், விதைத்தூள் தாவரமும் ஒரு உயிரணுவிலிருந்துதான் தோன்றுகிறது என்பது தெளிவாகிறது. இவற்றிற்குள்ள வேறுபாடு இதுதான்: விதைத்தூள் தாவரத்தில் உயிரணு தான் உற்பத்தியான தாவரத்திலிருந்து பிரிந்து விடுகிறது. ஆனால் விதைத் தாவரத்தில் உயிரணு வளர்ந்து, விதையாக முதிர்ச்சியுற்ற பின்புதான் தாய்த் தாவரத்திலிருந்துபிரிகிறது. உயிர் வாழ்கின்றவை எல்லாம் (எளிய அமைப்புள்ள தாவரமாக இருந்தாலும் சரி, அல்லது மனிதனாக இருந்தாலும் சரி), உயிரணுவிலிருந்துதான் தோன்றுகின்றன. கண்ணுக்குத் தெரியாத சில தாவரங்களும், கட்புலனாகக் கூடிய சில தாவரங்களும் வாழ்நாள் முழுவதும் ஒற்றை உயிரணு நிலையைப் பெற்றிருக்கின்றன. ஏனைய பிற தாவரங்கள் வளரும் பொழுது அமைப்பில் சிக்கல் நிறைந்தவையாகி விடுகின்றன. இவை ஆரம்ப உயிரணுவிலிருந்து இரண்டு, நான்கு

எனத் தொடங்கி பல கோடிக்கணக்கான உயிரணுக்களை உருவாக்குகின்றன.

இவ்விதமாக, ஒவ்வொரு தாவரமும், உயிரணுவிலிருந்து தொடங்குவது மட்டுமல்லாமல், அதன் உடல் பகுதிகளில் பல உயிரணுக்களைக் கொண்டுள்ளது. தாவரத்தின் உடலை அமைக்கப் பயன்படும் செங்கற்களே உயிரணுக்கள்.

இதை மிகச் சுலபமான வழி கொண்டு நிரூபித்து விடலாம். உதாரணமாக முதிர்ந்த தர்பூஸ் பழத்தின் மெல்லிய துண்டு ஒன்றைப் பரிசோதித்துப் பாருங்கள். அதில் தளர்ச்சியாக இணைக்கப்பட்டுள்ள குமிழிகள் ஏராளமாக இருப்பதைக் காண்பீர்கள். இவை கண்ணாடி முத்துக்கள் போன்ற தோற்றத்தைத் தருகின்றன. இவை உண்மையில் உயிரணுக்கள். இவை பழத்தின் தசைப் பிடிப்பான பகுதியில் பரஸ்பர இணைப்பை இழந்து விடுகின்றன. மற்ற உதாரணங்களில் இந்த இணைப்பு இயல்பாகப் பிரிவதில்லை, ஆனால் இதைச் செயற்கையாகப் பிரிக்க முடியும். உதாரணமாக, உருளைக் கிழங்கின் ஒரு துண்டு கெட்டியாக இருக்கிறது. அதில் உருப்பெருக்கியின் உதவியில்லாமல் குறிப்பிட்ட தன்மை உள்ள கட்டமைப்பு ஒன்றைக் காண்பது அரிது. ஆனால் நன்கு கொதிக்க வைக்கப்பட்ட உருளைக் கிழங்கை நீங்கள் நுணுக்கமாகப் பார்த்தீர்களானால், அதில் தனித்தனி உயிரணுக்கள் இருப்பது வெறுங் கண்ணுக்கே தெரியும். கொதிக்கும் நீர் அல்லது, கொதிக்கும்பொழுது நீராவியின் செயலால், அதில் உள்ள உயிரணுக்களுக்கு இடையே உள்ள தொடர்பைப் பிரிக்க முடிகிறது. இதனால் அவை தனிமைப் பட்டு விட்டன. இதை விடக் கெட்டியான உறுப்புக் களில் உள்ள உயிரணுக்களை வெளிப்படுத்துவது என்பது சற்றுக் கடினமான செயல்தான். ஆனால் இவ்விதச் செயலுக்கு உட்படுத்த முடியாத எந்த விதமான கடினமான உறுப்பும் இல்லை. அது மரத் துண்டாக இருந்தாலும் சரி, செர்ரிப் பழமாக இருந்தாலும் சரி, *Phytelephas macrocarpa* எனப்படும் ஒருவகைப் பனையின் கெட்டியான விதையாக (இது தந்தம் போலக் கடினமானது, கடைச்சல்காரர்களால் பல சமயங்களில் தந்தத்திற்குப் பதிலாகப் பயன்படுத்தப் படுவது) இருந்தாலும் சரி, இவற்றில் உள்ள உயிரணுக்களை

எல்லாம் பிரித்து விட முடியும். இவ்விதமான கெட்டியான உறுப்புக்களில் உள்ள உயிரணுக்களின் இணைப்பை ரசாயனப் பொருள்களின் உதவியால் துண்டிக்கலாம்.

தாவரங்களில் உடல்கள் உயிரணுக்களால் ஆக்கப்பட்டிருக்கின்றன என்பதை நிரூபிக்க அவற்றைச் சிதைக்க வேண்டும் என்ற அவசியமே இல்லை. தாவரம் ஒன்றின் உடற் பகுதியை மிக மெல்லிய பகுதியாகச் சீவி எடுத்தால், அதில் உயிரணுக்களின் தொகுப்பு இருப்பதை உருப்பெருக்கியின் மூலம் காணலாம். இதில் உயிரணுக்கள் நெருக்கமாக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இத்தொகுப்பிற்குத் திசு என்று பெயர்.

மேலே கூறியவற்றிலிருந்து தாவரத்தின் கட்டமைப்பு, வாழ்க்கையைப் பற்றித் தெரிந்துகொள்ள வேண்டுமானால், உயிரணுவைப் பற்றி நன்கு அறிந்துகொள்ள வேண்டும் என்பது தெளிவாகிறது. இரசாயனத்தில் பொருள்களைப் பற்றி ஆராயும் பொழுது மூலகங்களிலிருந்து தொடங்குகிறோம். பின்பு நாம் அவற்றிற்கு இடையே நிகழும் கூடுகைகளைப் பற்றிப் படிக்கத் தொடங்குகிறோம். இதே போல் தாவரவியலில் தாவரத்தின் உறுப்புக்களைப் பற்றிப் படிப்பதற்கு முன்னால் அதன் அடிப்படை உறுப்பான உயிரணுவைப் பற்றி நன்கு அறிந்துகொள்ள வேண்டும்.

* * *

இந்த விரிவுரைகளுக்குப் பொதுத் திட்டம் ஒன்றை வகுக்கப் போதுமான அளவிற்கு நாம் விவரங்களைச் சேகரித்து விட்டோம். தாவரம் அதன் வாழ்நாளில் தொடர்ச்சியான பல உறுப்புக்களைத் தோற்றுவிக்கிறது. அவற்றின் வெளிப் பண்பும், அவற்றிற்கும் சுற்றுப்புறத்திற்கும் உள்ள தொடர்பும், அவை வெவ்வேறு கடமைகளை நிறைவேற்றுகின்றன என்பதையும் வெவ்வேறு செயல்களைச் செய்கின்றன என்பதையும் எடுத்துக்காட்டுகின்றன. தரையினுள் செல்லும் வேரின் வேலை சூரிய ஒளியை நோக்கி வளரும் பச்சை இலையின் வேலையினின்றும் வேறுபட்டது. விதையிலையின் வேலை அல்லியின் வேலையினின்றும் மாறுபட்டது. சூலறையின் ஆழத்தில் அமிழ்ந்து கிடக்கும் சூலின் வேலையினின்று மாறுபட்ட வேலையைக் கொண்டவை கேசரங்

ள். இவற்றிலிருந்து மகரந்தத் தூள் எளிதில் வெளி வரு கின்றது. உடலியல் அறிஞன் ஒவ்வொரு உறுப்பிற்கும் உரிய நோக்கத்தை, அதாவது வேலையை முதலில் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். எனவே ஆரம்பத்திலேயே இரட்டைத்தன்மையுள்ள பிரச்சினை அவனை நோக்கியுள்ளது. உறுப்பு ஒன்று கொடுக் கப்பட்டால் அதன் வேலையைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும்; வேலை ஒன்று கொடுக்கப்பட்டால் அதற்குரிய உறுப்பைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். பொதுப்படையான தோற்றத் திலும், சிறப்பான தோற்றத்திலும் உயிரணுவின் செயல்களை அவன் கட்டாயமாக முதன் முதலில் ஆராய வேண்டும். காலம் செல்லச் செல்ல, அவன் தாவர உறுப்புக்கள் தம் வேலையை மிகவும் ஒழுங்காக நிறைவேற்றுவதையும் சூழ்நிலைக்கு ஏற்பத் தகவமைப்பு பெற்றிருப்பதையும் புரிந்து கொள்ளுகிறான். அவற்றின் பரஸ்பரச் செயல்பாடு எவ்வளவு ஒன்றியமையாதது, எவ்வளவு சம நிலையில் உள்ளது என் பதையும் விளைவாக அங்கஜீவியின் மொத்த வாழ்க்கை நடை பெறுவதையும் அவன் அறிகிறான். அப்பொழுது அவன், அந்த பிரச்சினை இன்னும் தீர்க்கப்படவில்லை என்பதை உணர் கிறான். ஏனென்றால் எல்லா விதமான தனித் தனிப் பிரச்சினை களிலிருந்தும் ஒரு மையமான பிரச்சினையும், எல்லாக் கேள்வி களுக்கும் பொதுவான கேள்வியும் எழுகிறது. இந்த அற்புத மான உறுப்புக்கள் எல்லாம் எப்படிப் பரிணமித்தன? நாம் உயிருள்ள இயற்கையைப் பற்றி ஆராயும்பொழுது, நமக்குத் தெள்ளத் தெளிவாகத் தோன்றும் முழுமைத் தன்மையை இத்தாவரங்கள் எங்ஙனம் பெற்றன?

உடலியலில் தீர்வு காண வேண்டிய பிரச்சினைகளுடன் நாம் இந்தப் பொதுவான பிரச்சினையைச் சேர்ப்பதன் மூலம் இயற்கையின் மாணவர்களில் ஒரு பிரிவினரைச் சேர்ந்தவர் களாகி விடுகிறோம். இவர்கள் இப்பிரச்சினைக்குத் தீர்வு காண்பது இயலும், சந்தர்ப்பத்துக்கு ஏற்றது எனக் கருது கின்றனர். இயற்கை விஞ்ஞானத்தின் இரண்டு கருத்துடைய பிரிவினர் இயற்கை விஞ்ஞான ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டு ள்ளனர். இவ்விரு பிரிவினரும் முரண்பட்டுக் கொள்கைப் போரில் ஈடுபட்டுள்ளனர். ஒரு குழுவில் உள்ள தீவிரவாதிகள், இயற்கையில் மாறுதலையடையாத, நிலைத்த தன்மையுள்ள

உயிரினங்கள்தாம், பொருட்காட்சிச்சாலையில் உள்ளவை போல், சேர்த்து வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன என்று கூறுகின்றனர். அவர்களது கருத்துப்படி இயற்கை விஞ்ஞானியின் வேலை, இப்பொருள்களின் பட்டியல் ஒன்று தயார் செய்து, பெயரிட்டு அவற்றைத் தொகுப்பில் வரிசைப்படுத்துவது தான். மற்றொரு குழுவினர், அங்கக இயற்கை பரந்த முழுமை யாகும், அது எப்பொழுதுமே மாறிக்கொண்டிருக்கிறது, உருமாற்றம் பெற்றுக் கொண்டிருக்கிறது என்று கூறுகின்றனர். தற்பொழுது உள்ள அங்கக உலகம் நேற்று இருந்த அங்கக உலகிலிருந்து வேறுபட்டது. நாளைக்கு இன்று இருப்பதிலிருந்து மாறுபட்டுக் காணப்படும். தற்பொழுது நமது பூமியில் காணப்படும் உயிரினங்கள் இதற்கு முன்பு இங்கு காணப்பட்ட குறைபாடுள்ள மூதாதைகளிடமிருந்து படிப் படியாக மாறுதலடைந்து முழுமை பெற்று வளர்ந்தவை. இவ்வாறு கருதுபவர்களின் பிரிவிற்கு டார்வின் தலைவராக இருந்தார். சேகரிக்கப்பட்ட விவரங்கள் எல்லாவற்றையும் ஒன்றியைவித்தார். இப்பிரிவில் இது வரைக்கும் இருந்த தெளிவற்ற போக்கிற்கு அவர் தெளிவான, திட்டவட்டமான வடிவம் கொடுத்தார். முதலில் கூறப்பட்ட கருத்தைப் பின்பற்றுபவர்களுக்கு உறுப்புக்களும், உயிரினங்களும் எவ்வாறு தோன்றி முழுமையடைந்தன என்ற பிரச்சினைக்கே இடம் இல்லை. அவர்களுடைய கண்ணோட்டப்படி இந்த உயிரினங்கள் உருவாக்கப்பட்டதுமில்லை, வளர்ந்ததுமில்லை; அவை முழுமையாக உருவாக்கப்பட்டே தோன்றின; தற்காலத்தில் நாம் காண்பது போலவே அவை ஆரம்பத்திலேயே படைக்கப்பட்டன. உறுப்புயிர்கள் இயல்பிலேயே மாறக் கூடியவை என்றும் அவை தாமே ஒன்றிலிருந்து ஒன்று தோன்றியவை, அதிகச் சிக்கல் அல்லது எளிமை அடைந்து கொண்டும், ஆனால் இடைவிடாமல் செவ்வையாகிக்கொண்டும் வருபவை என்றும் உறுதியாக நம்புபவர்களுக்கு மட்டுமே ''உறுப்புயிர் வடிவங்கள் எவ்வாறு தோன்றின, தங்கள் செயல்களுக்கும் சூழ்நிலைக்கும் ஏற்ப அவை இவ்வாறு தகவமைப்பு பெற்றிருப்பது ஏன்?'' என்ற கேள்வி நிலவ முடியும். இவை போன்ற வினாக்களுக்கு விஞ்ஞானம் தற்கால கட்டத்தில் எப்படி விடையிறுக்கிறது என்பதை விளக்க நான் எனது

...ரி விரிவுரையில் என்ருல் இயன்றவரை முயற்சி ...ள்ளேன். ஆயினும் உயிரினங்களின் தோற்றம் பற்றிய ...ற்காலக் கொள்கையின் உயர்வை, முற்றிலும் நீங்கள் ...ற்கும் வகையில் அல்லாவிடினும், வேறு விதத்தில் விளக்க ...டியாதவையான விவரங்கள் அதன் உதவியால் எவ்வாறு ...தெளிவுபடுகின்றன என்பதைக் காட்டும் அளவுக்காவது ...டுத்துக் கூறுவதற்கான இந்தச் சந்தர்ப்பத்தை நழுவ ...விட நான் விரும்பவில்லை.

சட்டென்று பதியத்தக்க சில உதாரணங்களைத் தேர்ந் ...தெடுத்து ஒப்பிடுவதன் மூலம், உருமாற்றக் கொள்கையின் ...அடிப்படையில் தாவரத்தின் வாழ்க்கை வட்டத்தை விளக்க ...முயன்றுள்ளேன். மேலே கூறப்பட்ட சில விவரங்களைத் தற் ...பொழுது ஆராய்வோம். தாவரங்கள் திட்டவட்டமான, ...முடிவான வடிவத்தில் படைக்கப்படிருந்தால், அல்லிகள், ...மாறுபடும் அல்லிகள்; கேசரங்கள், மாறுபடும் கேசரங்கள் (...ஆம்பலில் இருப்பது போல) ஆகியவை போன்று மாறிக் ...கொண்டிருக்கும் உறுப்புக்களின் வேலைகள் யாவை? பியோ ...னிப் பூவின் புல்லியின் உச்சியில் உள்ள துணை உறுப்புக்களின் ...வேலை யாது? தனித்தனியாக எடுத்துக்கொண்டால் இந்த ...மாறிக்கொண்டிருக்கும் உறுப்புக்கள் உபயோகமற்றவை ...யாம். ஏனென்ருல் எந்த உறுப்பிலிருந்து அவை தோன்று ...கின்றனவோ அந்த உறுப்பின் வேலையை அவை நிறைவேற்று ...வதில்லை. அல்லது மாறப்போகும் உறுப்பின் வேலையையும் ...அவை செய்வதில்லை (இதனுல்தான் இவை சில அபூர்வமான ...தாவரங்களில் மட்டும் காணப்படுகின்றன). ஒவ்வொன்றும் ...தனித்தனியாகப் படைக்கப்பட்டன என்ற கருத்துப்படி ...நோக்கினுல் இவற்றின் முக்கியத்துவத்தைப் புரிந்து ...கொள்ளவே முடியாது. ஆனுல் கீழ்க்கண்ட விளக்கத்தை ...நாம் ஒப்புக்கொண்டால், இவற்றின் பொருள் நமக்குத் ...தெளிவாகி விடுகிறது: இயற்கையில் காணப்படும் எண்ணி ...லங்கா உயிரினங்கள், முழுமையாக தனித் தனியாகப் ...படைக்கப்படவில்லை, அவை ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்ருக ...வளர்ச்சியுற்றன; அவை படிப்படியாக அதிகச் சிக்கல் அல்லது ...எளிமை உள்ளனவாக மாறின. ஆனுல் அவை எப்பொழுதும் ...முன்னேறிக் கொண்டே இருந்தன. அவை வாழ்க்கைச்

சூழ்நிலைகளுக்குப் பொருந்தும்படியாகத் தங்களை மாற்றிக் கொண்டன. இந்த நோக்கம் கொண்டு பார்த்தால் மாறுதலடைந்து கொண்டிருக்கும் உருவங்களில் உண்மையான வளர்ச்சியின் கட்டங்களைக் காண்கிறோம்; அவற்றில் முழுமைத் தன்மை பெறுவதற்குரிய அடிச் சுவடுகளைக் காண்கிறோம்; தாவரத்துக்குத் தேவையான உறுப்புக்கள் முன்னேறும் செயலைக் காண்கிறோம். அப்பொழுதுதான் உருமாற்றக் கொள்கை, இதற்கு எதிர்க் கருத்து தெரிவிப்பவர்கள் இதை எவ்வளவுதான் குழப்பம் நிரம்பியது என்றும் பொருளற்ற தன்மை உடையது என்றும் கருதிய போதிலும், முற்றிலும் யதார்த்தமும் நிச்சயமுமான பொருளைப் பெறும். காலப் போக்கில் நிகழ்ந்ததை இட உறவு காட்டிக் குறிப்பிடுவதுதான் உருமாற்றம். தடிப்பான, நிறமற்ற விதையிலைகளும், மணம் நிரம்பிய, பளிச்சிடும் அல்லிகளும் சாதாரண இலையின் மூலத்திலிருந்து தோன்றியவை. இவை படிப்படியாக அவற்றின் புதிய வேலைகளுக்குப் பொருத்தமடைந்தன. இடை நிலையில் உள்ள மாறுதலடையும் வடிவங்கள், மாறுதல் செயல்முறைக்கு அத்தாட்சியாகக் காணப்படும் மேற்கோள்கள். தாவர உலகின் வரலாற்றை எழுத நமக்கு உதவும் நினைவுச் சின்னங்கள் அவை. இதனால் தான் அவை விஞ்ஞானத்திற்கு விலை மதிக்க முடியாதவையாக இருக்கின்றன. ஆனால் தாவர உலகிற்கு வரலாறு உண்டு என்று நாம் நிச்சயமாகக் கூற முடியுமா? புவி இயல் இதற்கு நல்ல விடையை அளிக்கிறது. இந்த உண்மையை விளக்க நாம் தற்பொழுதுதான் உதாரணம் ஒன்றைக் கண்டோம். பெரணிகள், குதிரை வால் செடிகள், நிலப் பாசிகள் போன்றவை ஒரு காலத்தில் இவ்வுலகில் பரவியிருந்த பிரம்மாண்டத் தாவரங்களின் சிதைவுற்ற சந்ததிகள் என்பதைக் கண்டோம். இவை தற்காலத்தில் ஓடைகளின் ஆழமான பகுதிகளிலும், காடுகளின் மையப் பகுதிகளிலும் சென்று ஓடி ஒளிய வேண்டி ஏற்பட்டுள்ளது. ஏனென்றால், இவை தற்காலத்தின் தாவர உலகில் உள்ள ஆக்கிரமிக்கும் வல்லரசுகளிடமிருந்து தப்பிக்க வேண்டும். இதன் பொருள் யாதெனில், பூமியில் வேறு தாவரங்கள் நிலவிவந்தன, அவை அதிக எளிமையான விதைத்தூள் தாவரங்கள், நம் காலத்து அதிகச்

செவ்வைப்பாடுள்ள விதைத் தாவரங்களுக்கு முன் அவை பின் தங்கி விட்டன என்பதுதான். எனவே உருமாற்றம் பற்றிய கொள்கையும், பின்னால் நாம் காணப் போகும் வேறு பல கொள்கைகளும், புவி இயலும் தாவரங்களுக்கு என்று ஒரு தனி வரலாறு உள்ளது என்பதை நிரூபிக்கின்றன. எனவே தாவர உருவங்களின் தோற்றம் பற்றிய நமது கேள்வியும் சரியானதே.

இவ்விதமாக உடலியல் அறிஞனின் செயல் பரப்பு விரிவடைந்து கொண்டே போகிறது. அவன் முதலில் மற்ற உறுப்புக்களின் தோற்றத்திற்கு அடிப்படை உறுப்பான உயிரணுவிலிருந்து தொடங்கி தனித்தனி உறுப்புக்களின் வாழ்க்கை பற்றி ஆராய்கிறான். பின்பு இவ்வுறுப்புகளின் பரஸ்பரச் செயல்பாட்டின் பொது விளைவை, அதாவது தாவரத்தின் வாழ்க்கை முழுவதையும் ஆராய்ந்த பிறகு தனது அறிவுக்கு எட்டியவரையில் தாவர உலகம் அனைத்தின் வாழ்க்கையையும் புரிந்துகொள்ள முயல்வதன் வாயிலாக மிகவும் மர்மமான முக்கியப் பிரச்சினையான தாவரத்தின் தோற்றமும், அது முழுமையடைவதும் பற்றிய கேள்விக்கு விடை காண முயற்சி செய்கிறான். அதாவது அவன் அங்கக உலகின் ஒத்தியைவையும் நோக்கப் பொருத்தத்தையும் பற்றிய பிரச்சினைக்கு விளக்கம் காண முற்படுகிறான்.

படிப்படியாக மேலேறிக் கொண்டே செல்லும் இந்தத் தொகுப்பு வழியில் நாம் அடி எடுத்து வைப்பதற்கு முன்னால் நமது ஆய்வை இன்னும் சற்று ஆழமாக நிகழ்த்த வேண்டும். நாம் தாவரத்தை உறுப்புக்களாகவும், உறுப்புக்களை உயிரணுக்களாகவும் பாகுபாடு செய்தோம். ஆனால் இது வரைக்கும் நாம் உயிரணுவின் வெளி அமைப்பை மட்டும்தான் ஆராய்ந்தோம். நாம் அதன் உட்பகுதியை, தாவரம் உற்பத்தி செய்யும் எண்ணற்ற பொருள்கள் உருவாகும் இந்த நுண்ணிய ஆய்வுக்கூடத்தை உட்புகுந்து நோக்க வேண்டும். நாம் இவற்றை ஆராய்ந்து இவற்றை மூலகங்களாகப் பிரித்துக் காண வேண்டும். இவ்விஷயத்தில் தராசு, இரசாயனப் பிரதிச் செயல் விளைப்பிகள் ஆகியவை நமது உருப்பெருக்கியின் உதவிக்கு வருகின்றன. இப்படிப்பட்ட ஆய்வுதான் அடுத்த அதிகாரத்திற்குரிய விஷயம்.

II

உயிரணு

பொருள் அழியாமை விதி. வெளிச் சூழ்நிலையிலிருந்து தாவரத்திற்குரிய பொருளின் தோற்றம். தாவரத்தின் அமைப்பில் பங்கு பெறும் மூலகங்களும் கூட்டுப் பொருள்களும். மூன்று வகையான அடிப்படை இரசாயனக் கூட்டுப் பொருள்கள்: அல்புமினுய்டுகள், கார்போஹைடிரேட்டுக்கள், கொழுப்புகள். தாவரத்தைப் பற்றிய இரசாயன, உருப் பெருக்கி ஆராய்ச்சி.
தாவரங்கள் ஊட்டப் பொருள்களை உட்கொள்ளல். பொருளின் வியாபகம் பற்றிய பொதுக் கருத்து. வாயுக்களும் திரவங்களும் வியாபித்தல். கொலாய்டுகள், கிரிஸ்டலாய்டுகள். உயிரணுவில் பொருள்களின் மாற்றம் அவை உட்கொள்ளப்படுவதை விளக்குகிறது. உயிரணுவின் ஊட்டத்திற்குரிய அடிப்படை இயந்திர அமைப்பு.

தாவரத்தின் வாழ்க்கையில் மிகவும் முக்கியமான நிகழ்ச்சி அதன் **வளர்ச்சி**. நாம் வளர்ச்சியைப் பற்றி ஆராயும் பொழுது அது உயிரணுக்கள் பெருகுவதில் அடங்கியுள்ளது என்பதைக் கண்டுகொள்கிறோம். இதை இன்னும் நுணுக்கமாக ஆராய்ந்தால், இதற்கு முன்பு பொருள் இல்லாத இடத்தில் தற்பொழுது பொருள் தோன்றி அதிகரித்துள்ளது என்பது தெரிய வருகிறது. ஓக் விதையைத் தரைக்குள் ஊன்றுகிறோம், ஓக் மரம் தோன்றுகிறது. கண்ணுக்குத் தெரியாத தூள் ஒன்றை, விதைத் தூளை, தரையில் போடுகிறோம். மரம் போன்ற பெரணி முளைக்கிறது. இந்தப் பொருள்கள் எல்லாம் எப்படித் தோன்றுகின்றன என்ற கேள்வி இயல்பாக எழுகிறது. இக்கேள்வியின் அடிப்படை பொருளைப்

புதிதாக உற்பத்தி செய்ய முடியாது, அது அழியாது என்ற கருத்துத்தான். பொருளின் மறையாத்தன்மை அல்லது அழியாமை பற்றிய இந்த விதி இயற்கையைப் பற்றிய விஞ்ஞானக் கருத்துக்கள் எல்லாவற்றிற்கும் அடைப்படை யாக விளங்குகிறது. வெறுமையிலிருந்து ஒன்றுமே தோன்று வதில்லை என்பதைப் பழங்கால மக்கள் ஒப்புக்கொண்டனர். ஆனால் அவர்களிடம் சென்று, எரிந்துபோன பொருள்இல்லாது போய் விடவில்லை என்று நிரூபிக்கும்படியோ அல்லது தாவரங்களின் பொருள் எங்கிருந்து வருகிறது என்று தீர் மானிக்கும்படியோ கேட்டால் அவர்கள் பாடு சங்கடமாய்ப் போய்விடும். தொடர்ச்சியான, சிக்கல் நிறைந்த பரிசோதனை களின் மூலம்தான் பொருள் அழியாமை விதியைத் தாவரத்தின் வாழ்க்கையில் உள்ள நிகழ்ச்சிகளுக்குப் பிரயோகம் செய்து காட்ட முடியம். தற்காலத்தில் கூட விஞ்ஞானத் தின் முடிவுகளைப் பற்றி அறியாத மக்கள், தாவரங்களின் வளர்ச்சிப் பொருள்கள் மண்ணிலிருந்து பெறப்படுகின்றன எனக் கருதுகின்றனர். ஆனால் இக்கொள்கை தவறானது என்று முன்னூறு வருடங்களுக்கு முன்பே நிரூபிக்கப்பட்டு விட்டது. தாவரப் பொருளின் தோற்றம் பற்றிய பிரச்சினையைத் தீர்ப்பதற்கு முதன் முதலாகத் திட்டவட்டமான பரிசோதனை செய்தவர் வான்-ஹேல்மாந்த் என்பவர். இவர் இயற்கை இயலின் விஞ்ஞான யுகத்திற்கு முன்னோடியாக விளங்கி யவர்களுள் ஒருவர். வறட்டுப் பண்டிதர்களின் மாறுநிலை வாதம் என்னும் சிக்க வைக்கும் கண்ணிகளில் பட்டுக் கொள் ளாமல் மெய் விஞ்ஞானத்திற்கு வழி கோலியவர்களான தெளிவும் துணிவும் உள்ள அறிஞர்களில் ஒருவர். மாயாவாதி யாகவும் மேதைவாய்ந்த சோதனையாளராகவும் ஒருங்கே திகழ்ந்தவர். இந்த வான்-ஹேல்மாந்த் செய்த பரிசோதனை குறிப்பிடத்தக்கது. தாவர உடலியல் துறையில் முதலாவது நுல்லியமான பரிசோதனை என்பதனால் மட்டும் அல்ல, இரசாயனப் பிரச்சினை ஒன்றைத் தீர்க்க முதன் முதலாகத் தராசைப் பயன்படுத்திய பரிசோதனைகளில் இதுவும் ஒன்று என்பதனாலுந்தான். இக்கருவியை முதன் முதலில் இரசாயனத் தில் பயன்படுத்தியதற்கு வான்-ஹேல்மாந்திற்குஇத்துறை கட மைப்பட்டுள்ளது. இதே கருவி பிற்காலத்தில் லவூஆஸியே

கைத் திறமையினுல் இவ்விஞ்ஞானத் துறையில் மாபெரும் புரட்சியை ஏற்படுத்தியது. வான்-ஹேல்மாந்தின் பரிசோதனையை அவரது சொற்களிலேயே கூறுவோம். ''அடுப்புச் சூட்டில் முன் கூட்டியே உலர்த்தப்பட்ட இருநூறு பவுண்டு மண்ணை நான் ஒரு மட்பாண்டத்தில் இட்டேன். அதில் ஐந்து பவுண்டு எடை உள்ள ஒரு வில்லோப்போத்தை நட்டேன். ஐந்து வருட காலத்திற்குள் போத்தின் எடை நூற்று அறுபத்து ஒன்பது பவுண்டுகளும் மூன்று அவுன்ஸ்களும் இருந்தது. பாண்டத்தில் மழை நீரும், வாலை வடித்த நீரும் முறையாக ஊற்றப்பட்டது. அந்த மட்பாண்டம் பெரியது, பூமியில் புதைக்கப்பட்டிருந்தது. அதில் தூசி படியாமல் தடுக்க அதைத் துளைகளிட்ட மெல்லிய தகரத்தால் மூடியிருந்தேன். தொடர்ந்து நான்கு இலையுதிர் காலங்களில் உதிர்ந்த இலைகளின் எடையை நான் கணக்கிடவில்லை. ஐந்து வருட முடிவில் நான் அந்த மண்ணை மறுபடியும் உலர்த்தினேன். அதன் இருநூறு பவுண்டு எடையில் இரண்டு அவுன்ஸ்கள்தாம் குறைந்திருந்தன. எனவே அதில் ஊற்றப்பட்ட தண்ணீர் மட்டுமே நூற்று அறுபத்து நான்கு பவுண்டு எடை அளவிற்கு மரம், பட்டை, வேர்கள் போன்றவற்றை உற்பத்தி செய்யப் போதுமானதாக இருந்தது'' (*Ortus medicinae* பக்கம் 109). இப்பரிசோதனை மண் தாவரப் பொருள்களின் ஒரே, அல்லது முதன்மையான மூலம் அல்ல என்பதை நிரூபித்துக் காட்டுகிறது. வான்-ஹேல்மாந்த் தான் தாவரத்துக்கு ஊற்றிய தண்ணீரில் தாவரப் பொருளுக்குரிய ஆதாரம் இருக்கிறது என்பதைக் கண்டார். ஆனல் தாவரம் அதற்குரிய பொருளை மண், தண்ணீர் ஆகியவற்றிலிருந்து மட்டுமல்லாமல் காற்றிலிருந்தும் பெறுகிறது என்பது நமக்குத் தெரியும். இருப்பினும், அவர் செய்த அளவிற்கு வான்-ஹேல்மாந்தின் பரிசோதனை மிக மிகச் சரியானதே. அவரது காலத்தில் பொருளின் மூன்ருவது நிலையான வாயு நிலையைப் பற்றி விஞ்ஞானிகளிடையே திட்ட வட்டமான கருத்து கிடையாது. முதன் முதலில் விஞ்ஞான உலகில் வாயு நிலை பற்றிய கருத்தைத் தோற்றுவித்த காரணத்தினுல் விஞ்ஞானம் அவருக்குக் கடமைப்பட்டுள்ளது. அவர்தான் முதன் முதலில் **வாயு** என்ற சொல்லை விஞ்ஞான உலகில் கொண்டுவந்தார்.

..ந்த நூற்ருண்டின் இறுதிக்கும் வாயுக்களின் ரசாயனம் ..ளர்ச்சியடைந்ததற்கும் முன்பாகத் தாவரப் பொருளின் ..தாற்றம் பற்றி முழுவதுமாக விளக்கியிருக்க முடியாது. ..ன்று விஞ்ஞானிகளின் ஆராய்ச்சிகளின் முடிவாக இவ்வித ..ிளக்கம் தோன்றியது. அவர்களது பெயர்கள் வருமாறு: ..ிரீஸ்ட்லி, இன்கேன்ஹாவுஸ், ஸெனேபியே.

மண், நீர், காற்று ஆகிய மூன்று பொருள்கள் அடங்கி ..ுள்ள இந்த ஊடகத்தின் எப்பகுதி தாவரத்தை அமைக்கப் ..யன்படுகிறது? இதைத் தெரிந்து கொள்ள வேண்டு ..மானுல் நாம் தாவரத்தின் அமைப்பைப் பற்றித் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும். லவூஆஸியே காலத்திலிருந்து இரசாய னம் நமக்குக் கற்பித்திருப்பது இது: பொருள் படைக்கப் ..படுவதில்லை; அதோடு மட்டுமல்லாமல் ஒரு குறிப்பிட்ட அர்த்தத்தில் பார்த்தால் அது மாறுதல்கூட அடைவதில்லை; மேலும் மூலகங்கள் எனப்படும் மிக எளிமையான பல பொருள்கள் நிலவுகின்றன, இவை ஒன்றிலிருந்து மற்ருென் ..ுக மாற முடியாது. ஆகையினுல் தாவரத்தில் ஒரு மூலகத் ..தை நாம் கண்டால் அது சுற்றுப்புற ஊடகத்தில் இருக்கிறதா என்று நாம் பார்க்கிருேம். ஏனென்ருல் அது அங்கிருந்து ..தான் தாவரத்துள் வந்திருக்க வேண்டும், அது தாவரத்தில் ..டைக்கப்பட்டிருக்கவோ, அதற்குள் மற்ருெரு மூலகத்தி லிருந்து உற்பத்தி செய்யப்பட்டிருக்கவோ முடியாது என்பதை நாம் அறிவோம்.

தாவரத்தில் எல்லா ரசாயன மூலகங்களும் காணப்படு ..திலலை. அதில் காணப்படுவனவற்றிலும் கூட, தாவரத்தின் வாழ்க்கையில் தலையான பங்கு பெறும் மிக முக்கியமான ..மூலகங்களை மட்டும்தான் நாம் இங்கு குறிப்பிடுவோம். தா ..ரத்தின் இரசாயன அமைப்பைத் தெரிந்துகொள்ள அதை ..மிக அதிகமான உஷ்ணத்திற்கு உட்படுத்த வேண்டும். அதி ..லிருந்து முதலில் நீர் ஆவியாகிறது. 100 டிகிரி சென்டிகிரேடு ..ஷ்ணநிலைக்குச் சற்று மேலான உஷ்ணத்தில், நமக்குத் ..தாவரத்தின் உலர்ந்த பொருள் கிடைக்கின்றது. நமது ..ஆய்வில் இது முதல் படி. இதன் மூலம் தாவரத்தின் பல்வேறு ..பகுதிகளில் பல்வேறு அளவு தண்ணீர் இருக்கிறது என்பது ..தெரிகிறது (பக்கம் 81ல் உள்ள அட்டவணையைக் காணவும்).

சற்றுக் கூடுதலான உஷ்ண நிலையில் இவ்வுலர்ந்த தாவரப் பொருள் பழுப்பு நிறத்திற்கு மாறிப் பின்பு கறுப்பாகிறது. இது கருகி விடுகிறது. முடிவில் இது சுவாலையுடன் எரிகிறது. இதிலிருந்து சாம்பல் குவியல்தான் மிஞ்சுகிறது. நாம் முதலில் தொடங்கிய பொருளுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் இந்தக் குவியல் அளவில் சிறியதுதான். எனவே இந்தப் பொருளில் பெரும்பாலான பகுதி எரிந்து ஆவியாகி விட்டது. இந்த எரிப்பை நாம் சிறிதளவு முன் தயாரிப்புகளுடன் செய்து இந்த ஆவியாகும் வாயுக்கள் முழுவதையும் சேகரித்திருந்தால், எரிந்து மறையும் தாவரப் பொருளில் கீழ்க்கண்ட நான்கு மூலகங்கள் இருக்கின்றன என்பதைக் காண்போம்: ஒன்று திடப்பொருள் **கார்பன்;** மற்றவை **ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன், நைட்ரஜன்** என்ற மூன்று வாயுக்கள். எப்பொழுதுமே கார்பனைப் பெற்றுள்ள இந்த எரியும் தன்மையுள்ள பகுதிக்கு தாவரத்தின் அங்ககப் பொருள் என்று பெயர். இதில் எப்பொழுதும் கார்பன் இருப்பது, அது எரிவதற்கு முன்னால் கருகுவதிலிருந்து வெளியாகிறது. இது ஒவ்வொரு அங்கஜீவி யினதும் உடல் அமைப்பில் பங்கு பெறுவதால் இதற்கு அங்ககப் பொருள் எனப் பெயர். ஆரம்பத்தில், அங்ககப்பொருள்கள் உயிரினங்களின் உடல்களில்தான் உருவாக முடியும் என்று மக்கள் எண்ணி வந்தனர். மேலும், உயிரற்ற அல்லது அனங்கக இயற்கையாக விளங்கும் சற்று சிக்கல் குறைந்த பொருள்களைத்தான் சோதனைச்சாலையில் செயற்கை முறையில் உற்பத்தி செய்ய முடியும் எனக் கருதினர். ஆனால் சமீப காலத்தில் அங்கக இரசாயனத்தில் ஏற்பட்டுள்ள முன்னேற்றங்கள் இக்கருத்தைத் தகர்த்தெறிந்து விட்டன. இரசாயன அறிஞர்கள் இன்று எண்ணற்ற அங்ககப் பொருள்களை உற்பத்தி செய்ய முடியும் என்று காட்டினர். இவை உருவாக்கப் படும் முறை உயிரினங்களின் மர்மச் செயல் என முன்னே கருதப்பட்டு வந்தது. எல்லா அங்ககப் பொருள்களிலும் மேலே கூறப்பட்ட நான்கு மூலகங்கள் காணப்பட வேண்டும் என்ற அவசியமில்லை. சிலவற்றில் கார்பன், ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் என்ற மூன்று மட்டுமே உள்ளன. மேலும் சிலவற்றில் கார்பன், ஹைட்ரஜன் என்னும் இரண்டு மட்டுமே காணப்படுகின்றன. ஒரே வகையைச் சார்ந்த மூலகங்கள்

பல்வேறு பொருள்களில் பல்வேறு விகிதங்களில் இணைந்து காணப்படுகின்றன. இதனால் வெவ்வேறு தாவரங்களிலும் அல்லது ஒரே தாவரத்தின் வெவ்வேறு பாகங்களிலும் மூலகங்கள் பல விகிதங்களில் காணப்படும். இருப்பினும், வெவ்வேறு தாவரங்கள், அவற்றின் பகுதிகள் ஆகியவற்றின் பல பகுப்பாய்வுகளின் பொதுச் சராசரியை எடுத்துக் கொண்டு பார்த்தால் தாவரத்தின் அடிப்படையான சராசரி அமைப்பை நாம் மதிப்பிட்டு விடலாம். உலர்ந்த தாவரப் பொருளின் நூறு பகுதியில் கீழ்க்கண்டவாறு மூலகங்கள் சராசரியாகக் காணப்படுகின்றன:

45.0	சதவீதம்	கார்பன்
6.5	,,	ஹைட்ரஜன்
1.5	,,	நைட்ரஜன்
42.0	,,	ஆக்ஸிஜன்
5.0	,,	சாம்பல்

ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு தாவரப் பொருளை உற்பத்தி செய்ய வேண்டுமானால் திட மூலகங்களும், வாயுப் பொருள்களின் மூலகங்களும் எந்த விகிதத்தில் கூடியிருக்க வேண்டும் என்பதை மேலே உள்ள அட்டவணை காட்டுகிறது. தாவரத்தில் உள்ள எரியும் தன்மையுள்ள அங்ககப் பொருளை விட்டு விட்டு அதில் உள்ள சாம்பலை எடுத்துக்கொள்வோம். இச் சாம்பலில் எரியும் தன்மையுள்ள பொருள்களில் உள்ளதை விட அதிக அளவு மூலகங்கள் உள்ளன. இங்கு அவற்றில் மிக முக்கியமானவற்றை மட்டுமே குறிப்பிடுவோம். இவற்றைப் பற்றி நமது நான்காவது விரிவுரையில் விரிவாகக் காண வேண்டியிருக்கிறது.

மூலகங்கள்

அங்ககப் பொருளில் உள்ளவை	சாம்பலில் உள்ளவை	
கார்பன்	கந்தகம்	பொட்டாசியம்
ஹைட்ரஜன்	பாஸ்வரம்	மாக்னிஷியம்
ஆக்ஸிஜன்	குளோரின்	கால்ஷியம்
நைட்ரஜன்	ஸிலிக்கன்	இரும்பு

சாம்பலில் உள்ள முதல் நான்கு மூலகங்கள் அமிலங்களை உருவாக்குகின்றன. இவை இரண்டாவது பத்தியில் உள்ள மூலகங்களுடன் கூடி உப்புக்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

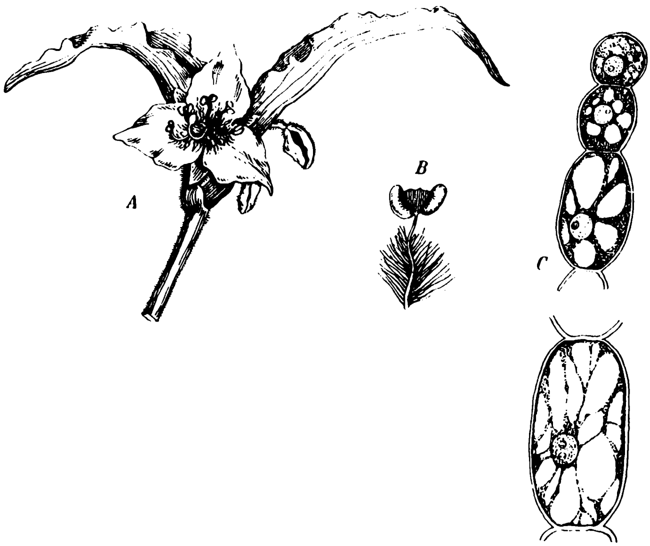
தாவரத்தின் அமைப்பில் என்னென்ன மூலகங்கள் இருக்கின்றன என்பது நமக்குத் தெரியும். மூலகங்கள் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றாக மாற முடியாது என்பதும் தெரியும். இவற்றை அறிந்துகொண்ட பின்பு தாவரத்தில் உள்ள பொருள்கள் எந்த மூலகங்களிலிருந்து வந்துள்ளன என்பதை நாம் கூறி விட முடியும்.

காற்றில் தாவரத்துக்கு ஆக்ஸிஜனுடனும், நைட்ரஜனுடனும், சிறிதளவு கார்பனிக அமிலத்துடனும் (கார்பனிக அமிலம் ஆக்ஸிஜனும், கார்பனும் கலந்த ஒரு வாயு) தொடர்பு ஏற்படுகிறது. அதோடு ஆக்ஸிஜன் ஹைட்ரஜன் ஆகியவற்றுடன் கூடியுள்ள நைட்ரஜனுடனும் மிகச் சிறிதளவில் தொடர்பு ஏற்படுகிறது. இப்பொழுது கூறப்பட்ட பொருள்களைத் தவிர, தாவரத்துக்கு மண்ணிலிருந்து வேறு பல பொருள்கள் கிடைக்கின்றன. இவற்றிற்கு ஆவியாகும் தன்மை இல்லை. எனவே இவை காற்றில் இருக்க முடியாது. தாவரங்களில் காணப்படும் மற்ற மூலகங்கள் பூமியில் உள்ள இப்பொருள்களில் உள்ளன. இவை உப்புக்கள் எனப்படும். இவ்வுப்புக்களில் சில மண்ணில் உள்ள தண்ணீரில் கரைந்துள்ளன. இவை தாவரத்திற்குத் திரவச் சூழ்நிலையாக விளங்குகின்றன. இவற்றில் வேறு பல திட நிலையில் உள்ளன.

இது வரைக்கும், தாவரத்தின் அமைப்பில் பங்கு பெறும் இரசாயன மூலகங்களை மட்டுமே கண்டோம். அல்லது தாவரத்தின் பொருள்களைச் சிதைத்துக் கொண்டே சென்றால் அதில் எத்தனை மூலகங்கள் இருக்கும் என்று கண்டுபிடித்தோம். இதற்காக நாம் தாவரத்தைஅழிக்க வேண்டியிருந்தது, எரிக்க வேண்டியிருந்தது. இந்த ஆரம்ப ஆய்வு உயிர் வாழும் தாவரத்தின் அமைப்பில் அங்கம் பெறும் பொருள்களின் தன்மை பற்றிய எந்த விவரத்தையும் நமக்கு அளிப்பதில்லை. இதற்கு மற்றொரு வழியை நாம் பின்பற்ற வேண்டும். இதற்காக, முதலில் கூறப்பட்டது போல், நாம் உயிரணுவினுள் என்ன இருக்கிறது என்று காண வேண்டும். ஏனென்

டும், இது தாவரத்தில் உள்ள கண்ணுக்குத் தெரியாத பரிசோதனைச்சாலை. இங்கு தாவரம் உற்பத்தி செய்யும் எல்லா வகையான பொருள்களும் உருவாகின்றன.

உயிரணுவைக் கண்டுபிடிப்பது என்பது கடினமான செயலொன்றுமல்ல. தாவரத்தின் ஒவ்வொரு பகுதியும் உயிரணுக்களால் ஆக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஆனால் சேதமடையாமல்,



படம் 15

உயிருடன் பார்க்க வேண்டுமானால் தாவரத்தின் எந்தப் பகுதிகள் ஒற்றை உயிரணுக்களாலோ அல்லது உயிரணுக்களின் ஒற்றை வரிசையாலோ ஆனவையோ அவற்றில்தான், உதாரணமாக முடிகளில், காண முடியும். பலருக்கு *Tradescantia Virginica* (சிலந்திப் பாசி) (படம் 15—A) என்ற செடியைப் பார்த்துப் பழக்கமுண்டு, ஆனால் அதன் பெயர் தெரிந்திருக்காது. இது வீடுகளிலும் வெப்ப அறைகளிலும் வளர்க்கப்படுகிறது. இதன் இலைகள் குறுகலானவை, நீண்டவை, பூக்கள் ஊதா நிறமுள்ளவை, மூன்று அல்லிகள் உள்ளவை. இதன் கேசரங்களில் எண்ணற்ற ஊதா நிற முடிகள் இருப்ப

தால், அவை தெளிவாகத் தெரிகின்றன (படம் 15—B). இதன் முடிகள் ஒவ்வொன்றிலும் உருண்டையான அல்லது கோழி முட்டை வடிவமான உயிரணுக்கள் உள்ளன. இந்த உயிரணுக்கள் வரிசையாக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த முடிகளில் ஒன்றை ஊசி ஒன்றின் உதவியால் அகற்றி உருப் பெருக்கி மூலம் பார்த்தால், அதன் முனையில் உருண்டையான இளம் உயிரணுக்களைக் காண முடியும். அதன் அடிப்பகுதி யில் கோழி முட்டை வடிவமான முதிர்ந்த உயிரணுக்களைக் கண்டுபிடிக்க முடியும் (படம் 15—C).

முதன் முதலாக, இது போன்ற உயிரணுவில், அதன் மெல்லிய, ஒளி புகும் தன்மையுள்ள சுவரை உயிரணுவில் அடங்கியுள்ள பொருள்களிலிருந்து பிரித்து அறிகிறோம். முதலில் உயிரணுவின் உட்பகுதி முழுவதிலும் ஒரே தன்மை யுள்ள, அரைத் திரவ வடிவிலுள்ள பொருள் நிரம்பியிருப்பது தென்படுகிறது. இதன் பெயர் **புரோட்டோபிளாசம்**. இதில் உருண்டையான பகுதி ஒன்று இருக்கிறது. இது கரு எனப்படுகிறது. இதைப் பின்னால் நாம் ஆராய்வோம். இதை யொட்டி, அரைத் திரவ வடிவிலுள்ள புரோட்டோபி ளாசத்தில் சிறு சிறு புள்ளிகள் தோன்றுகின்றன. இவை பாலாடைக் கட்டியின் புரைகள் போன்று இருக்கின்றன. இவற்றில் திரவப் பொருள் நிரம்பியுள்ளது. இப்பொழுது உயிரணுவின் உள்ளே காணும் பொருள்கள் இரு பகுதி களாகப் பிரிந்து காணப்படுகின்றன: ஒன்று புரோட்டோபி ளாசம், மற்றொன்று நுரையாகப் பொங்கும் உயிரணுச் சாறு. சற்று நேரம் சென்றபின்பு புரோட்டோபிளாசத்துடன் சாற் றின் ஒப்பு அளவு அதிகரிக்கிறது. சாறு அதிகமாக ஆக, புரோட்டோபிளாசத்தின் அளவு குறைந்து கொண்டே வருகிறது. முடிவாக, உயிரணுவின் உட்பகுதி முழுவதிலும் நீர்த்த சாறு நிரம்புகிறது. புரோட்டோபிளாசம் மெல்லிய அடுக்காக உயிரணுவின் உட்சுவரை ஒட்டிக் காணப்படு கிறது, அல்லது உயிரணுவின் ஒரு சுவரிலிருந்து எதிர்ச் சுவர் வரை மெல்லிய இழைகளாக நீண்டிருக்கிறது. *Tradescantia*வில் உயிரணுவின் பொருள்களது இவ்விதப் பாகுபாடு மிகத் தெளிவாக உள்ளது. ஏனென்றால், இதில் உயிரணுச் சாற் றின் நிறம் ஊதா, புரோட்டோபிளாசம் நிறமற்றது. இந்த

இரண்டு பொருள்களையும் தவிர உயிரணுவில் வேறு தன்மை யுள்ள பல பொருள்களை நாம் காண்கிறோம். இவற்றில் சில சிறிய பளபளப்பான எண்ணெய் போன்ற துளிகள், வேறு சில நிறமற்ற வட்ட வடிவமான நுண்மணிகள். இவற்றின் பண்புகள் பற்றி நாம் பின்பு ஆராய்வோம். மிகவும் முதிர்ந்த கட்டத்தில் உயிரணுவின் உள்ளே உள்ள பொருள்கள் சில சமயங்களில் மறைந்து விடுகின்றன. அதில் காற்று நிரம்புகிறது. இவ்வித உயிரணுச் சட்டகத்தை இறந்த உயிரணு என்றே கருத வேண்டும். உதாரணமாக மரத்தில் காணப்படும் திரவமற்ற, உலர்ந்த பகுதி இவ்விதமான இறந்த உயிரணுக்களால் ஆக்கப்பட்டது என்று கருதலாம். முடிவாக, உயிருள்ள, செயற்பண்புள்ள உயிரணுவில் உருப்பெருக்கி கீழ்க்கண்ட பகுதிகளைக் காட்டுகிறது: சுவர், புரோட்டோபிளாசம், சாறு; சில சமயங்களில் துளிகள் அல்லது துணுக்குகள் போன்ற வேறு பல பொருள்கள்.

உருப்பெருக்கி மூலம் நிகழ்த்தும் ஆராய்ச்சியை இத்துடன் நிறுத்திக்கொள்வோம். இப்பொழுது தராசையும், இரசாயனப் பிரதிச்செயல் விளைப்பிகளையும் பயன்படுத்தும் ஆராய்ச்சிக்குத் திரும்புவோம். ஆனால் நமது ஆய்வில் இப்பொழுது சற்று முந்திய கட்டத்திலேயே நாம் நின்று விட வேண்டும். இச்சமயத்தில் தாவரத்தை அதன் மூலகங்களாகப் பிரிக்க வேண்டாம். தாவரத்தின் அமைப்பில் அங்கம் பெறும் பல்வேறு பொருள்களை சிதைக்காமல் பிரித்து, அவை இயல்பாக இருக்கும் நிலையிலேயே காண முற்படுவோம். ஒரே வார்த்தையில் கூறினால் நாம் தாவரத்தின் **அண்மைப் பகுதிப்** பொருள்களைப் பற்றி ஆராய்வோம். தாவரத்தின் **மூலப் பகுதிப்** பொருள்களிலிருந்து வேறுபடுத்திக் காண்பதற்காகவே நான் **அண்மைப் பகுதிப்** பொருள் என்று கூறுகிறேன். இந்த மூலப் பொருள்களே மூலகங்கள்.

காய்கறிக்கடை, இரசாயனப் பொருள்களின் கடை, நச்சுப் பட்டறை, மிட்டாய்க் கடை, நூற்பு ஆலைகள், சாயப் பட்டறை ஆகிய இடங்களில் தென்படும் தாவர உலகம் உற்பத்தி செய்யும் பல்வேறு பொருள்கள் எல்லாவற்றையும் இங்கு ஆராய்வது என்பது முடியாத காரியம். இங்கு சில மிகச் சாதாரணப் பொருள்களையோ அவற்றின் தொகுப்

பையோ நாம் காண்போம். இவற்றைப் பற்றி அறியாமல், தாவரத்தின் வாழ்க்கையைப் புரிந்துகொள்ள முடியாது.

ஒரு தாவர உறுப்பை மேற்கோளாக எடுத்துக்கொள்வோம். தானிய மணிகள் நல்ல உதாரணம். இவற்றை மாவு வடிவத்தில் வைத்துக்கொள்ளலாம். சற்று நேரத்தில், மாவு வேறுபாடுள்ள பொருள்களின் கலவை என்பதை நாம் காணப் போகிறோம். இதில் உள்ள பொருள்களைப் பிரிக்க நாம் சிறிதளவு மாவைப் பிசைந்து உருண்டையாக்கிக் கொள்ள வேண்டும். பின்பு அதைப் பிசைந்து கிளறி விட்டுக் கொண்டே நெடுநேரம் நீரால் கழுவ வேண்டும். முதலில் தண்ணீர் பால் நிறத்திற்கு ஓடுகிறது. பின்பு அது முற்றிலும் தெளிந்து விடுகிறது. இப்பொழுது நம்மிடம் இருப்பது பிசைந்த மாவல்ல. அதற்குப் பதிலாகச் சாம்பல் வெண்மை நிறமான பொருளின் பிண்டம் ஒன்றுள்ளது. இது பிசுபிசுப்பும் தோல் அல்லது ரப்பரைப் போல் இழுபடும் பண்பும் உள்ளது. இதன்பெயர் **குளூட்டன்** என்பது. இது மாவின் பகுதிப் பொருள். இது மாவை ஒட்டும் தன்மையுள்ளதாக ஆக்குகிறது. ஆனால் கழுவும்பொழுது வெளியில் வழிந்தோடிய தண்ணீரை நாம் கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் தேக்கி நிறுத்தினால், அந்த நீர் முதலில் தெளிகிறது. தொடுவதற்கு மிருதுவான, வெண்மையான வண்டல் பாத்திரத்தின் அடித் தளத்தில் படிகிறது. இதுதான் **ஸ்டார்ச்**. இது துணிகளுக்கு கஞ்சி போடவும், சமையலிலும் மிக அதிகமாகப் பயன்படு கிறது. இவ்விதமாக, கழுவுவதன் மூலமாகவே நாம் மாவை **குளூட்டன், ஸ்டார்ச்** என்ற அதன் இரு பகுதிப் பொருள்களாகப் பிரித்து விட்டோம். மாவை ஈதர் என்னும் பொருளுடன் கலந்து அதைத் தெளிய வைக்க வேண்டும். பின்பு ஈதரை ஒரு திறந்த தட்டில் ஊற்றி ஆவியாக்க வேண்டும். இவ்வாறு நாம் செய்தால், **எண்ணெய் போன்ற** பொருள் மிஞ்சியிருக்கும். எனவே மாவு அல்லது தானியம் முக்கியமாகக் கீழ்க்கண்ட பொருள்களைக் கொண்டுள்ளது: **குளூட்டன், ஸ்டார்ச், எண்ணெய்.**

பொருள்களைத் தனிப்பிரிப்பதற்கு மேலே விவரிக்கப் பட்ட முறைகள் **அண்மைப்** பகுப்பாய்வு எனப்படுவதற்குப்

பருப்படியான, ஆனால் துலக்கமான உதாரணமாகப் பயன் படக் கூடும். இது போன்ற ஆய்வில், இப்பொருள்களின் அமைப்பைக் கூடிய மட்டும் மாற்றாமலேயே அவற்றை நாம் பிரித்துக்கொள்கிறோம். இதற்காக, இப்பொருள்களின் கரை யும் தன்மை அல்லது கரையாதிருக்கும் தன்மை, ஆவியாகும் தன்மை, படிகமாகும் திறன் போன்ற வேறு பல பண்புகளை நாம் பயன்படுத்துகிறோம்.

ஸ்டார்ச், குளூட்டன், கொழுப்பு போன்ற இம்மூன்று பொருள்களையும், தாவரப் பொருள்களில் மிக முக்கியமான, எல்லாவிடத்தில் காணப்படும் பொருள்களின் பிரதிநிதித் துவப் பொருள்களாக எடுத்துக்கொள்ளலாம். இந்தக் குழுக்கள்: **கார்போஹைடிரேட்டுக்கள், அல்புமினாய்டுகள், கொழுப் புகள்** எனப்படுபவை. ஏனைய பொருள்கள் மிகச் சிறு அளவி லேயே காணப்படுகின்றன, அல்லது அவை சில அபூர்வமான தாவரங்களிலோ அல்லது உறுப்புக்களிலோ இருக்கின்றன. எனவே அவை தாவரத்தின் வாழ்க்கையில் ஏற்படும் பொது நிகழ்ச்சிகளைப் பாதிப்பதில்லை. இந்த அண்மைப் பகுதிப் பொருள்கள் எந்த விகிதத்தில் பல்வேறு விதமான தாவரப் பொருள்களில் நிலவுகின்றன என்பதைக் கீழ்க் கண்ட அட்டவணை காட்டுகிறது. தாவரங்களின் பிரதானத் திரள் நாம் மேலே குறித்துள்ள மூன்று வகைப் பொருள் களைக் கொண்டிருக்கின்றன என்று சற்று முன்பு கூறப்பட் டதை இந்த ஆய்வுகள் முழுமையாக உறுதிப்படுத்துகின்றன.

100 பகுதிகளில்	**குளோவர் தாவரம்**	**கோதுமை மாவு**	**லூபைன் விதைகள்**	**சணல் விதைகள் (ஆளிவிதை)**
கார்போஹைடிரேட்டுக்கள்	16.6	74.8	45.5	26.2
அல்புமினாய்டுகள்	3.7	11.8	34.5	20.5
எண்ணெய்கள்	0.8	1.2	6.0	37.0
சாம்பல்	1.7	0.7	3.5	5.0
தண்ணீர்	78.0	12.6	14.5	12.3

தண்ணீரில் காணப்படும் விகிதத்திலேயே ஹைட்ரஜனும், ஆக்ஸிஜனும் கார்போஹைடிரேட்டுக்களில் காணப்படுகின்றன. இதனுல்தான் அவற்றிற்கு அப்பெயர் வந்தது. கார்பனும் அவற்றில் இருப்பதனுல் அவை கார்பனும் நீரும் சேர்ந்து **ஆனவைபோலக்** காணப்படுகின்றன. பின்வரும் பொருள்கள் கார்போஹைடிரேட்டுக்களின் குழுவைச் சேர்ந்தவை: சாதாரணக் கரும்புச் சர்க்கரை, பீட் சர்க்கரை, கிரேப் சர்க்கரை அல்லது **குளுக்கோஸ்** (இது காய்ந்த திராட்சைப் பழங்களில் காணப்படுகிறது); பிசின், உதாரணமாக செர்ரி மரத்தின் தண்டிலிருந்து கசியும் பசை; ஸ்டார்ச்; கடைசியாக ஸெல்லுலோஸ். ஸெல்லுலோஸ் தாவரத்தின் திடமான அடித்தளத்தை, அதன் உயிரணுச் சுவர்களை அமைக்கும் பொருள். இது நமது பருத்தி ஆடை, சணல் ஆடை ஆகியவற்றிற்கும், காகிதத்திலும் பயன்படுகிறது. கார்போஹைடிரேட்டுக்களின் குழு சில சமயங்களில் சர்க்கரைகள் என்று அழைக்கப்படுகிறது. நாம் சற்று முன்பு கண்டபடி இக்குழுவிலுள்ள பொருள்களில் சில உண்மையில் சர்க்கரைகள்தாம், இவற்றில் வேறு பல பொருள்களைச் சர்க்கரையாக எளிதில் மாற்ற முடியும். உதாரணமாக ஸ்டார்ச்சை நீர்த்த கந்தக அமிலத்தோடு கலந்தால் ஸ்டார்ச் சர்க்கரை கிடைக்கிறது. இதே அமிலத்துடன் ஸெல்லுலோஸைக் கலந்தால் அதுவும் சர்க்கரையாக மாறுகிறது. பழைய கிழிந்த துணிகள் இதே முறையில் சர்க்கரையாக மாறுகின்றன. நாம் குறிப்பிட்டுள்ள கார்போஹைடிரேட்டுக்கள் வரிசைக் கிரமமாக அமைகின்றன: கரும்புச் சர்க்கரையும், குளுகோஸும் தண்ணீரில் எளிதாகக் கரையும் தன்மை உள்ளவை, படிகமாகக் கூடியவை. செர்ரி பிசின் போன்ற பிசின்கள் தண்ணீரில் கரைபவை. இவை கரைந்து தடிப்பான பிசுபிசுப்பான திரவமாக மாறுகின்றன. ஆனுல் இவை படிகமாகும் தன்மை அற்றவை. ஸ்டார்ச் குளிர்ந்த நீரில் கரைவதில்லை. ஆனுல் இது சூடான தண்ணீரில் ஒரேயடியாக உப்பிப் பசைக் கூழ் ஆகிறது. கடைசியாக ஸெல்லுலோஸ் எந்த விதமான தண்ணீரிலும் கரைவதோ உப்புவதோ இல்லை.

இந்தப்பொருள்களில் மிக முக்கியமானவற்றை எவ்வாறு கண்டுபிடிக்கலாம் என்பதை இப்போது பார்ப்போம். இப்

பொருள்கள் எல்லாம் நிறமற்றவை. ஆனால் இவற்றில் சில குறிப்பிட்ட பண்புள்ள நிற மாறுபாடுகளை நாம் தோற்றுவிக்க முடியும். இந்தக் கண்ணாடிக் கிண்ணத்திலுள்ள நிறமற்ற திரவம் திராட்சைச் சர்க்கரையின் கரைசல், மற்றொரு கிண்ணத்தில் இருப்பது பளிச்சிடும் நீல நிற திரவம். முதல் கிண்ணத்திலுள்ள நிறமற்ற திரவத்தை இரண்டாவது கிண்ணத்திலுள்ள நீல நிற திரவத்தில் நான் ஊற்றுகிறேன். இப்பொழுது இக்கலவையை நான் லேசாக உஷ்ணப்படுத்துகிறேன். அது முதலில் கலங்கலாகிறது. பின்பு கரும்பச்சை நிறமாக மாறுகிறது. முடிவில் இதில் ஒரு மஞ்சள் நிற மண்டி ஏற்படுகிறது. இந்த மண்டி பழுப்பு நிறமடைகிறது, பிறகு சிவப்பாகிறது, முடிவாகக் கிண்ணத்தின் அடி மட்டத்தை அடைகிறது. இக்கிண்ணத்திலுள்ள திரவம் நிறமற்றதாகி விடுகிறது. ஆகையினால் திராட்சைச் சர்க்கரை நமது நீல நிற திரவத்தில் சிவப்பு நிற மண்டியை ஏற்படுத்துகிறது. அல்லது இந்நீலத் திரவம் நிறம் மாறுவதன் மூலமாக திராட்சைச் சர்க்கரை இருப்பதை வெளிக் காட்டி விடுகிறது. இந்த நீலத் திரவத்திற்கு பேலிங்கின் கரைசல் என்று பெயர். இச்சர்க்கரையின் மிக நுண்ணிய பகுதி கூட ஒரு திரவத்தில் இருப்பதை வெளிக் காட்டிவிடும் அளவிற்கு நுட்பமானது இந்தப் பிரதிச்செயல். இவ்வாறு திராட்சைச் சர்க்கரையின் மிகச் சிறு அளவுகள்கூட இருப்பதைக் கண்டுபிடிக்க உதவும் விலைமதிப்பற்ற சாதனம் பேலிங்கின் கரைசலில் நமக்குக் கிடைத்துள்ளது. ஸ்டார்ச்சைக் கண்டுபிடிக்க இது போன்ற இரசாயனப் பொருளாக அயோடின் விளங்குகிறது. நான் ஒரு பெரிய கண்ணாடிக் கிண்ணம் நிறையத் தண்ணீரை எடுத்துக்கொள்கிறேன். அதனுடன் சில ஸ்டார்ச் கரைசல் துளிகளை ஊற்றிக் கலக்கிறேன். இந்த விதமாக திரவத்தில் மிகத் துளி ஸ்டார்ச்சின் தடங்கள் மட்டுமே உள்ளன. இதனுடன் மஞ்சள் நிறமான அயோடின் கரைசலின் ஒரு சிலதுளிகளைச் சேர்க்கிறேன். உடனே அத்திரவம் நீல நிறமாக மாறுகிறது. இதே போல நான் ஒரு துளி அயோடின் கரைசலைப் பிசைந்த மாவு உண்டையின் மீதோ அல்லது ரொட்டித் துண்டின் மீதோ சிந்துகிறேன். உடனே அவற்றில் அனேகமாகக் கறுப்பான கருநீல நிறம் ஏற்படுகிறது. ஏனென்றால்

இவ்விரு பொருள்களிலும் ஸ்டார்ச் உள்ளது. ஆனல் குளூட்டன் துண்டின் மீது சிறிதளவு அயோடினை ஊற்றிஞல், அதில் எந்தக் கறுப்புப் புள்ளியும் ஏற்படுவதில்லை, ஏனென்ருல் அதில் உள்ள ஸ்டார்ச் முழுவதையும் ஏற்கனவே தண்ணீர் விட்டுக் கழுவியாகி விட்டது. எனவே நிறமற்ற ஸ்டார்ச்சை அயோடின் நீல நிறமுள்ளதாகச் செய்கிறது. இது ஸ்டார்ச்சைக் கண்டுபிடிக்க உதவும் பொருள். இதே போன்று ஸெல்லுலோஸைக் கண்டுபிடிக்கக் கூடிய பொருள் ஒன்றை நாம் தேடிக் காண வேண்டும். அயோடின் தனியாக ஸெல்லுலோஸை நீல நிறமடையச் செய்யாது. ஆனல் இதுவும் துத்தநாகக் குளோரைடும் சேர்ந்து ஸெல்லுலோஸை நீல நிறமடையச் செய்யும். இந்தக் கரைசலை வெள்ளைத் தாள் ஒன்றின் மீது ஊற்றிஞல் அது உடனே நீல நிறமடையும். ஏனென்ருல் தாள் ஸெல்லுலோஸால் ஆக்கப்பட்டது என்பது நமக்கு முன்பே தெரியும். திராட்சைச் சர்க்கரைகள், ஸ்டார்ச், ஸெல்லுலோஸ் போன்ற மிகவும் பரவலாக உள்ள கார்போஹைடிரேட்டுக்களைக் கண்டு பிடிக்க உதவும் பிரதிச் செயல் விளைப்பிகள், சாதனங்கள் இவைதாம்.

நாம் இப்பொழுது மற்ருெரு குழுவான **அல்புமிஞய்டுகளைக்** கவனிப்போம். இவை முட்டைக்கோசின் சாற்றில் உள்ளதுபோல் கரைசலாகவோ அல்லது தானியத்திலிருந்து நமக்குக் கிடைத்த குளூட்டனைப் போல் திட நிலையிலோ உள்ளன. முட்டைகோசின் சாற்றை நாம் உஷ்ணப்படுத்தத் தொடங்கியவுடனேயே அது பொருக்குகளாக மாறுவதைக் காணலாம். முட்டையை வேகவைக்கும்பொழுது அது உறைவதுபோல், அல்புமினும் உறைந்து விட்டது. அல்புமின் இருப்பதைக் கண்டுபிடிக்க இரசாயனத்தில் எண்ணற்ற பிரதிச்செயல் விளைப்பிகள் கிடைக்கின்றன. இவற்றில் யாவற்றிலும் நம்பகமானது அல்லாவிடிலும் யாவற்றிலும் துலக்கமான ஒன்றைக் கொண்டு நாம் பரிசோதனை செய்வோம். கண்ணுடிக் கிண்ணத்தில் உள்ள தண்ணீரில் சிறிதளவு முட்டையின் வெள்ளைப் பகுதி உள்ளது. அதனுடன் அடர் கந்தக அமிலத்துடன் உள்ள சாதாரணச் சர்க்கரைப் பாகை நான் சேர்க்கிறேன். ஒரு மண்டி தோன்றுகிறது. இது மறுபடியும்

கரைந்து விடுகிறது. திரவம் முழுவதும் அழகிய கருஞ்சிவப்பு நிறமுள்ளதாக மாறுகிறது. கந்தக அமிலம், சர்க்கரை ஆகியவற்றின் உதவி கொண்டு அல்புமினுய்டுகளை இந்த வழியாகக் கண்டுபிடிக்க முடியும்.

மூன்ருவது குழுவான கொழுப்புகளும், எண்ணெய்களும் தான் மிஞ்சியுள்ளன. இவற்றில் மேற்கூறிய திட்டவட்டமான நிற மாறுபாடுகளைத் தோற்றுவிக்க எந்த விதமான சாதாரணப் பிரதிச்செயல் விளைப்பியும் நம்மிடம் இல்லை. ஆனால், நாம் முன்பு கண்டபடி, எண்ணெய் அல்லது கொழுப்பு இருக்கிறது என்ற ஐயப்பாடு உள்ள பொருள்களை நாம் ஈதருடன் கலக்க வேண்டும். ஈதர் அவற்றைக் கரைத்து விடும். பின்பு இக்கரைசலை காற்று படும்படியாக வைத்திருந்தால், ஈதர் ஆவியாகிவிடுகிறது. அப்போது நமக்கு எண்ணெய் அல்லது கொழுப்பு அதற்கே உரிய பண்புகளுடன் கிடைக்கிறது.

உருப்பெருக்கியின் மூலமாகப் பார்க்கும்பொழுது, இந்தப் பிரதிச்செயலை உயிரணுவில் நாம் தோற்றுவிக்க முடியும். உயிரணுவை உற்று நோக்குகையில் பயன்படுத்தப்படும் தண்ணீருடன் நாம் சர்க்கரையையும், கந்தக அமிலத்தையும் கலக்கிருேம் எனக் கொள்வோம். புரோட்டோபிளாசம் ரோஜா நிறத்திற்கு மாறுவதைக் காண்போம், அதில் பெரும்பாலும் அல்புமின் சம்பந்தப்பட்ட பொருள்கள் உள்ளன என்பதை இது நிரூபிக்கிறது. அதே தண்ணீரில் பேலிங்கின் கரைசலை ஊற்றுவோம். உயிரணுச் சாற்றில் சிறிது திராட்சைச் சர்க்கரை இருந்தால் நமக்குச் சிவப்பு மண்டி கிடைக்கிறது. அயோடின் கரைசலின் ஒரு துளியைச் சேர்ப்போம். உயிரணுக் குழியிலுள்ள நிறமற்ற கணிகங்கள் எல்லாம் நீலமாவதைக் காண்போம். இது ஸ்டார்ச் இருப்பதைக் குறிக்கிறது. இப்பொழுது நாம் துத்தநாகக் குளோரைடு கரைசலில் கலந்துள்ள அயோடின் கரைசலை ஊற்றுவோம். உடனே உயிரணுச் சுவர் முழுவதும் நீல நிறமுள்ளதாகி விடுகிறது. சுவர் செல்லுலோஸால் ஆனது என்பதை அது காட்டுகிறது. முடிவாக நாம் ஈதரைக் கலக்கிருேம். இது வரைக்கும் உயிரணுவினுள் நமது கண்ணுக்குப் பளபளப்பாகத் தெரிந்த பல துளிகள் மறைந்து விட்டன, கரைந்து

விட்டன. அத்துளிகள் எண்ணெய்கள்தாம் என்பதை இது நிரூபிக்கிறது. இந்த விதமாக, இரசாயன ஆய்வும், உருப் பெருக்கி கொண்டு செய்யும் ஆராய்ச்சியும் ஒன்றிற்கொன்று உதவியாக ஒன்றையொன்று இட்டு நிரப்பியவாறு நிகழ் கின்றன. ஆய்வின் மூலம் தாவரத்தில் அதிகமாகக் காணப் படும் பொருள்கள் கார்போஹைடிரேட்டுக்கள் தாம் என்பது தெரிகிறது (பக்கம் 81ல் உள்ள அட்டவணையைக் காண்க). உருப்பெருக்கி இந்த உண்மையை வலியுறுத்துகிறது. இதன் மூலம் கார்போஹைடிரேட்டுக்கள் உயிரணுச்சுவரை அமைக் கின்றன என்றும், அவை ஸ்டார்ச் துகள்கள் வடிவில் தோன்று கின்றன என்றும் அல்லது அவை உயிரணுச் சாற்றில் கரைந்த சர்க்கரை வடிவத்தில் காணப்படுகின்றன என்றும் நமக்குத் தெரிய வருகிறது. ஆய்வின் மூலம் தாவரத்தில் கார்போஹைடிரேட்டுக்களுக்கு அடுத்தபடியாக அதிகமாகக் காணப்படுவது அல்புமினுய்டுகள்தாம் என்றும், தாவரத்தின் முதிர்ந்த பகுதியை விட, இளம் பகுதிகளில் அதிகமான அளவு நைட்ரஜன் பொருள்கள் உள்ளன என்பதும் தெரிய வருகிறது. உருப்பெருக்கியின் உதவி கொண்டு புரோட் டோபிளாசத்தில், முக்கியமாக நைட்ரஜன் பொருந்தியுள்ள அல்புமின் பொருள்கள்தாம் உள்ளன என்பதை எடுத்துக் காட்டலாம். மேலும், இந்தப் புரோட்டோபிளாசம்தான் இளம் உயிரணுவில் உள்ள முக்கியமான பொருள் என்பதை யும் காண்பிக்க முடியும். கடைசியாக, உருப்பெருக்கியும் ஆய்வும் தாவரத்திலும், அதன் உயிரணுவிலும் கொழுப்பு இருப்பதை எடுத்துக் காட்டுகின்றன.

* * *

தற்பொழுது நாம் தாவர உயிரணுவில் காணப்படும் முக்கியமான பொருள்களைப் பற்றித் தெரிந்துகொண்டோம். இதற்கு முன்பாக, இந்தப் பொருள்களை எல்லாம் அதைச் சூழ்ந்துள்ள வாயுக்கள், உப்புக்கள் போன்ற பொருள் களிலிருந்துதான் உயிரணு உருவாக்குகிறது எனக் கண் டோம். வேறு வார்த்தைகளில் சொன்னால் அது வெளியி லிருந்து ஊட்டம் பெற வேண்டும். ஒவ்வொரு உயிரணுவும் அதற்குரிய உணவை மண்ணிலிருந்தும், காற்றிலிருந்தும்,

பக்கத்து உயிரணுவிலிருந்தும்தான் பெற வேண்டும். இங்கு ஒரு கேள்வி இயல்பாக எழுகிறது. திறப்பில்லாத, வாயோ, நாடையோ இல்லாத இச்சிறு பை அல்லது உயிரணு எந்த வழியில் சுற்றியுள்ள பொருள்களைக் கவர்ந்து உட்கொள்ளுகிறது?

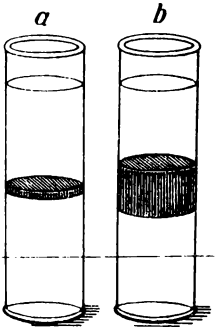
தாவர உயிரணுவின் ஊட்ட முறையில் உள்ள இந்த முதல் கட்டத்தை விளக்க வேண்டுமானுல் நாம் சற்று நேரம் அதிலிருந்து விலகிச் செல்ல வேண்டும். இதை விளக்க நாம் தாவரவியலிலிருந்தே விலகிச் செல்ல வேண்டும். இப்பொழுது நாம் சில தூய பௌதிக நிகழ்ச்சிகளை ஆராய வேண்டும். உயிருள்ள இயற்கையிலும், உயிரற்ற இயற்கையிலும் பொருள்கள் வெளிப்படுத்தும் சில பண்புகளை நாம் ஆராய வேண்டும். இந்த முறையை இனிமேல் நாம் அடிக்கடி பயன் படுத்துவோம். உயிர் நிகழ்ச்சிகளுக்கு விளக்கம் பெற விரும் பினுல் இதுதான் சரியான ஒரே முறை. ஏனென்ருல், உடலியல் அறிஞனின் சொற்களில் **விளக்குவது** என்ருல், சிக்கல் நிறைந்த உயிர்ச் செயல்முறைகளைச் சுலபமான பௌதிக-இரசாயன நிகழ்ச்சிகளாகக் காட்டுவது என்று பொருள்.

பௌதிகத்திலிருந்து, பொருள்களின் இம்மிகளுக்கு இயக்கம் உண்டு என்பதை அறிகிரேம். இயக்கமே இல்லாத பொருள் எதுவுமே இல்லை என்பது நமக்குத் தெரியும். இயக்கம் திரவங்களில் தெளிவாகக் காணப்படுகிறது. பொருளின் வாயு நிலையில் இயக்கம் இன்னும் தெளிவாக உள்ளது. வாயுப் பொருள்களின் இம்மிகளுக்கு விரைவாக இயங்கும் தன்மை உண்டு. அவை இடம் இருக்குமளவிற்குப் பரவ முயற்சி செய்கின்றன. இது அந்த இடத்தில் அவை சம அளவிற்குப் பரவும் வரை நிகழ்கிறது.

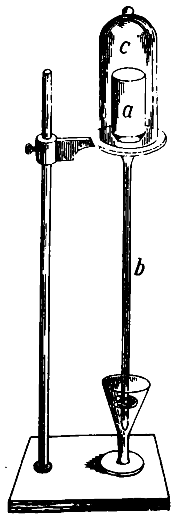
பொருளின் இந்தப் பரவுதிறன், இந்தப் பரவும் போக்கு **வியாபகம்** என்று அழைக்கப்படுகிறது. வாயுப் பொருள்கள், ஆவியாகும் பொருள்கள் ஆகியவற்றைப் பொறுத்த மட்டிலும், வியாபக நிகழ்ச்சி நிலவுவதை நிரூபித்துக் காட்டுவது மிகவும் எளிது. நான் ஒரு சில துளிகள் ஈதரைத் தெளிக்க வேண்டியதுதான் தாமதம், தெளித்த இடத்தின் அருகில் மட்டுமே அல்ல, அறையின் மூலை முடுக்குகளில்

எல்லாம் அதன் வாசனையை உணரலாம். ஈதர் ஆவியாக மாறிவிட்டது, அந்த ஆவி அறை முழுவதிலும் பரவிவிட்டது. திரவங்களின் வியாபகத்தையும் மிக எளிதாக நாம் எடுத்துக் காட்டலாம். தண்ணீரையும், ஒயினையும் வைத்துச் செய்யப்படும் பிரபலமான பரிசோதனையை உங்களுக்கு நினைவூட்டினால் போதுமென நான் எண்ணுகிறேன். கிளாரெட் என்ற ஒரு வகை மதுவைத் தண்ணீரின் மீது ஊற்றினால், இத்திரவங்கள் இரு வேறு அடுக்குகளாகப் பிரிவதை நாம் காண்கிறோம். ஆனால் படிப்படியாக இவற்றிற்கு இடையே உள்ள எல்லை மறைகிறது. அந்த மது நீரினுள் செல்கிறது. நீர் மதுவினுள் செல்கிறது. முடிவில் இரு திரவங்களும் ஒன்று கலக்கின்றன. நாம் இங்கு இன்னும் தெளிவான பரிசோதனை ஒன்றைச் செய்யலாம் (படம் 16). இங்கு இரண்டு நிறமற்ற திரவங்கள் உள்ளன. இவை ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்கப்பட்டபொழுது இரத்தச் சிவப்பு நிறத் திரவத்தைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இத்திரவங்களில் அடர்த்தி மிகுந்ததை நாம் இந்த நீளமான, குறுகலான பாத்திரத்தில் ஊற்றுகிறோம். பின்பு மிகக் கவனமாக அடர்த்தி குறைவான திரவத்தை மேலாக ஊற்றுகிறோம். இவற்றிற்கு இடையே மிகவும் குறுகலான அளவிற்குச் சிவப்பு நிறத் திரவம் தோன்றுகிறது. ஆனால் நேரம் செல்லச் செல்லக் கண்ணுக்குத் தெரியாத இந்தச் சிவப்புக் கோடு விரிவடையும், இவ்விரிவுரையின் முடிவில் இதன் அகலம் பல அங்குலங்கள் இருக்கும். பல மணி நேரங்கள் சென்ற பின்பு, அல்லது பல நாட்களுக்குப்பின் திரவம் முழுவதுமே ஒரே அளவினதாகச் செந்நிறமாக மாறி விடும். எனவே இரு திரவங்களும் ஒன்றையொன்று ஊடுருவிச் செல்கின்றன. இது அவற்றின் இம்மிகளுக்கு உரித்தானதும் எனவே கண்ணுக்குத் தெரியாததுமான இயக்கத்தை, வெளிப் பரப்பில் பரவும் அவற்றின் போக்கைப் பொறுத்துள்ளது. புவி ஈர்ப்பு சக்தியின் பாதிப்புக்கு எதிராக லேசான பொருள்கள் பாத்திரத்தின் அடித்தளத்தை அடைவதும் கனமான பொருள்கள் மேல் மட்டத்தை அடைவதும் எப்படி என்று இதைத் தவிர வேறு எந்த வழியிலும் விளக்கிக் கூற முடியாது.

வியாபகம் என்னும் இப்பண்பு பல்வேறு பொருள்களில் பல்வேறு விகிதத்தில் இருக்கிறது. இதை வேறு விதமாகக் கூறினால், பல்வேறு பொருள்களின் இம்மிகள் பல்வேறு கதிகளில் இயங்குகின்றன. இதை வாயுக்களைக் கொண்டு பரிசோதனை ஒன்றின் மூலம் நன்கு விளக்கிக் காட்டலாம். இந்தப் பரிசோதனையில் நுண் துளையுள்ள களிமண் பாண்டம் (*a*) (படம் 17) கீழ்ப்பகுதியில் ஒரு கண்ணாடிக் குழாயுடன் (*b*) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இக்குழாயின் கீழ் முனை சிவப்பு நிற நீரில் மூழ்க வைக்கப்



படம் 16



படம் 17

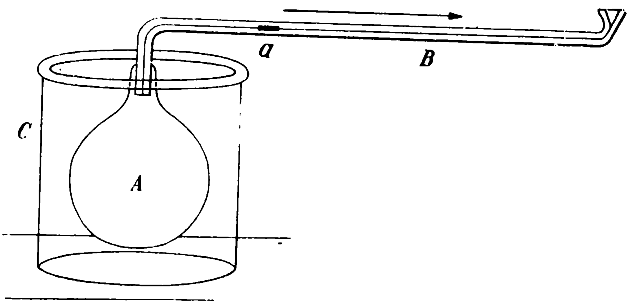
பட்டுள்ளது. பாண்டத்திலும், குழாயிலும் காற்று உள்ளது. குழாயிலும், பாண்டத்திலும் உள்ள காற்றின் பரிமாணத்தில் நிகழும் மிகச் சிறு மாறுதலைக்கூட எடுத்துக் காட்டுதலே இப்பரிசோதனையின் நோக்கம். ஏதாவதொரு செயலின் காரணமாகக் காற்றின் பரிமாணம் அதிகரித்தால், காற்று நிறமுள்ள நீரில் குமிழி குமிழியாக வெளிப்படுகிறது. இதே போன்ற இந்த உபகரணத்தில் காற்றின் பரிமாணம் குறைந்தால், வண்ண நீர் குழாயினுள் ஏறும். இதற்கு இடையில் எதுவுமே நிகழ்வதில்லை. ஏனென்றால் உள்ளே இருக்கும் காற்று வெளியில் இருக்கும்

காற்றைப் போன்றே இருக்கிறது. ஆனால் அப்பாண்டத்தைச் சுற்றி மற்றொரு வகையான வாயு இருக்கும்படி செய்தால், நுண் துளைகளின் வழியாக வாயுப் பரிமாற்றம் நிகழும். ஏனென்றால் பாண்டத்தின் துளைகள் வழியாக அவை செல்ல முடியும்; இவை ஒன்றையொன்று ஊடுருவிச் செல்ல முயற்சி செய்யும். எனவே இந்த இரு வாயுக்களும் பரவ முயற்சி செய்தால், வாயுக்களின் இம்மிகள் வெவ்வேறு கதிகளில் இயங்கினால், உபகரணத்தில் உள்ள வாயுக்களின் பரிமாணத்தில் தற்காலிக மாறுதல் ஒன்று ஏற்படுகிறது. வெளியில் உள்ள வாயு உள்ளே உள்ள வாயுவை விட விரைவாகவோ, அல்லது மெதுவாகவோ நுழையும் வேகத்திற்கு ஏற்றபடி பரிமாணமும் கூடும் அல்லது குறையும். இது போன்ற நிகழ்ச்சி ஒன்று இந்த ஹாலின் நிலைவாயிலில் ஏற்படும். இந்த ஹாலில் முன்னூறு பேர்கள் இருப்பதாகக் கொள்வோம். அவர்களில் நூறு பேர்களுக்கு இந்த விரிவுரையில் அலுப்புத் தட்டிவிட்டது என்று கொள்வோம் (ஏனென்றால் இவ்விரிவுரை நீண்டது). இவர்கள் இதன் முடிவைக் கேட்கப் பொறுமையற்று ஹாலை விட்டு வெளியே செல்லத் தயாராக இருக்கின்றனர் என்று கருதுவோம். வெளியே நூறு பேர்கள் அடுத்த விரிவுரையைக் கேட்கத் தயாராகக் காத்துக் கொண்டிருக்கின்றனர் என எண்ணிக்கொள்வோம். முதலில் கூறப்பட்டவர்கள் என்ன வேகத்தில் வெளியேறுகின்றனரோ, அதே விரைவில் பின்னால் குறிப்பிட்டவர்கள் ஹாலினுள் வந்தால், இங்கு உள்ள மக்களின் எண்ணிக்கை கூடவும் செய்யாது, குறையவும் செய்யாது. ஆனால் ஒரு மணி நேர மூளை வேலையினால் தளர்வடையாதவர்களான வெளியில் உள்ளவர்கள் அதிகச் சுறுசுறுப்பைக் காட்டினால் ஹாலில் உள்ளவர்களின் எண்ணிக்கை முதலில் கூடும். ஹால் முழுதும் நிறைந்து விடும். பின்னால், வெளியே செல்ல விரும்புபவர்கள் உண்மையில் வெளிச் சென்றார்களேயானால் இங்குள்ள எண்ணிக்கை முன்னூறாகக் குறையும். இதே செயல் நமது பரிசோதனையிலும் நிகழ்கிறது. இந்தப் பாண்டத்தைச் சூழ்ந்திருக்கும்படியாக வாயு ஒன்றை நான் நிரப்புகிறேன். இப்பொழுது இதன் இம்மிகள் பாண்டத்தில் உள்ள காற்றின் இம்மிகளை விட வெகு விரைவாகப் பாண்டத்

யினுள் நுழைவதால் பாண்டத்தினுள் குறுகிய கால அளவிற்கு அதிகமான வாயு இருக்கும். அதில் அதிகப்படியாக உள்ள வாயு குமிழிகளாகக் குழாயின் முனையிலிருந்து வெளியேறும். நான் ஹைட்ரஜன் நிரம்பியுள்ள மணி ஜாடி ஒன்றை எடுத்துக்கொள்ளுகிறேன். இந்த வாயு காற்றை விட எடை குறைவானது. எனவே கீழ்ப் பக்கமாகத் திறப்பு உள்ள ஒரு பாண்டத்தில் இந்த வாயுவைச் சற்று நேரம் வைத்திருக்க முடியும். இந்த மணி ஜாடியை (C) நான் நுண் துளையுள்ள பாண்டத்தின் (a) மீது கவிழ்த்துகிறேன். பாண்டத்தினுள் இருப்பது காற்று, வெளியில் ஜாடிக்குள்ளே இருப்பது ஹைட்ரஜன்; ஹைட்ரஜனின் இம்மிகளுக்குக் காற்றின் இம்மிகளை விட அதிக விரைவாக இயங்கும் திறன் இருந்தால், பாண்டத்தின் உள்ளே உள்ள வாயுவின் பரிமாணம் கூட வேண்டும். இப்பொழுது நீங்கள் வண்ண நீரின் வழியாக வாயு குமிழ் விடுவதைப் பார்க்கிறீர்கள். அதன் ஒலியைக் கேட்கிறீர்கள். இப்பொழுது நான் மணி ஜாடியை எடுத்து விடுகிறேன். இதற்கு முன்பு நடந்ததற்கு நேர்மாறான நிலை ஏற்படுகிறது. இப்பொழுது ஹைட்ரஜன் பாண்டத்தினுள்ளே இருக்கிறது, காற்று வெளியே இருக்கிறது. ஹைட்ரஜன் வெளியே வருகிறது, காற்று உள்ளே செல்லுகிறது. ஆனால் ஹைட்ரஜனின் இம்மிகள் காற்றின் இம்மிகளை விட விரைவாக இயங்குகின்றன. எனவே பாண்டத்தில் உள்ள வாயுவின் பரிமாணம் குறைகிறது. இதனால் கண்ணாடிக் குழாயினுள் (b) சிவப்பு நிறத் திரவம் விரைவாக ஏறுவதை நீங்கள் காண்கிறீர்கள்.

ஆகையினால், திரவங்களை விட, வாயுக்களுக்கு வியாபிக்கும் திறன், அதாவது தாங்கள் இன்னும் பரவாத இடங்கள் அனைத்திலும் பரவும் திறன் அதிகம் என்பது இதிலிருந்து தெளிவாகிறது. பாண்டத்தினுள் ஹைட்ரஜன் சென்றது. ஏனென்றால் அதில் ஹைட்ரஜன் இல்லை. பின்பு அது பாண்டத்திலிருந்து வெளியே வந்தது. ஏனென்றால் இந்த ஹாலில் காற்றில் ஹைட்ரஜன் இல்லை. இதே போன்று எல்லா வாயுப்பொருள்களும், திரவங்களில் கரைந்துள்ள பொருள்களும் அவை பரவ முடிந்த இடங்கள் முழுவதிலும் சம அளவில் பரவ முயற்சி செய்கின்றன.

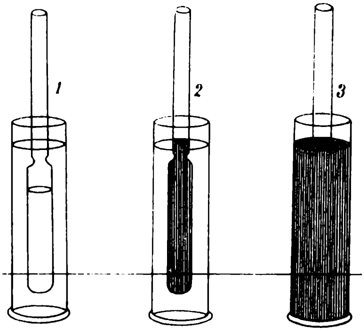
உயிரணுவின் ஊட்டத்துக்கும் வாயுக்கள், திரவங்கள் ஆகியவற்றின் வியாபகத்துக்கும் என்ன தொடர்பு உள்ளது என்பதை நாம் இப்பொழுது காண்போம். இங்கு உயிரணுவைப் பெரிதும் ஒத்த ஒரு உபகரணம் உள்ளது (படம் 18). இது தண்ணீரில் நனைக்கப்பட்டுள்ள மெல்லிய பை. இது கண்ணாடியைப் போல் ஒளி புகும் தன்மை உள்ளது. ஸெல்லுலோஸ் போன்ற பொருளினாலேயோ அல்லது ஸெல்லுலோஸாலேயோ அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இதில் உள்ள ஸெல்லுலோஸ் இரசாயன ரீதியில் சற்று மாறுதல் பெற்றுள்ளது. இப்பொருள் **கொலோடியான்.** இது போட்டோத் தொழிலில் பயன்படுகிறது. அந்தப் பை (A) கிடை



படம் 18

மட்டமாக உள்ள கண்ணாடிக் குழாயுடன் (B) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இக்குழாயினுள் ஒரு துளி வண்ணத் திரவம் (a) உள்ளது. இந்தத் துளி பையை நோக்கியோ, அல்லது அதிலிருந்து விலகியோ நகர்வதைப் பொறுத்து பையினுள் உள்ள காற்றின் பரிமாணம் கூடுகிறதா அல்லது குறைகிறதா என்று நாம் தீர்மானிக்கலாம். நான் இந்தப் பையை பெரிய, காலிப் பாத்திரம் (C) ஒன்றில் வைக்கிறேன். அப்பாத்திரத்தில் சிறிதளவு கார்பனிக அமிலத்தை ஊற்றுகிறேன். இந்த அமிலத்தை நீங்கள் காண முடியாது. ஏனென்றால் கார்பனிக அமிலம் காற்றைப் போல் நிறமற்ற ஒரு வாயுப் பொருள். ஆனால் அதை ஒரு பாத்திரத்திலிருந்து

மற்றொரு பாத்திரத்தில் ஊற்றுகிறேன் என்று நான் கூறுவது சரிதான். ஏனெனில் அது காற்றை விடக் கனமானது. அது கண்ணுக்குத் தெரியாமல் இருக்கும்பொழுதே அதை ஊற்ற முடியும். கீழ்ப் பக்கமாகத் திறப்புள்ள பாத்திரத்தில் சற்று நேரம் ஹைட்ரஜனை வைத்திருந்ததுபோல, கார்பனிக அமிலத்தையும் மேற்புறம் திறப்புள்ள பாத்திரத்தில் வைத்திருக்க முடியும். பை வைக்கப்பட்டுள்ள பாத்திரத்தில் கார்பனிக அமிலத்தை ஊற்றியவுடன் குழாயில் உள்ள வண்ண நீர்த்துளி நடுங்குகிறது. பின்பு அது அம்புக் குறியிடப்பட்ட திசையில் நகர்கிறது. இதன் மூலம் கார்பனிக அமிலம் பையின் ஈரமான சுவரை ஊடுருவிச் செல்கிறது என்பது தெரிகிறது. மேலும், பையினுள் இருந்த காற்று வெளிவரும் வேகத்தை விட இது அதிகமான வேகத்தில் அதனுள் செல்கிறது என்பதும் இதிலிருந்து தெளிவாகிறது. இதே போன்றுதான் உயிருள்ள தாவர உயிரணுவும், கார்பனிக அமிலம் போன்ற வாயுக்களை ஈர்க்கவோ உட்கொள்ளவோ வேண்டிய அவசியமில்லை. வியாபகம் என்னும் பண்பு காரணமாகவே இவை தாம் இல்லாத எந்த உயிரணுவுக்குள்ளும் தாமாகவே ஊடுருவிச் செல்லும்.



படம் 19

இப்பொழுது மண்ணில் உள்ள தண்ணீரில் கரைந்திருக்கும் பொருள்கள் விஷயத்தில் தாவர உயிரணுக்கள் எப்படிச் செயல்படுகின்றன என்பதைக் காண்போம். அதே கொலோடியானைக் கொண்டு செய்யப்பட்ட கோழி முட்டை வடிவமான பைகளை விளக்குக் கண்ணாடிகளின் முனைகளில் இணைத்து வைப்போம் (படம் 19). மண்ணில் உள்ள ஊட்டப் பொருள்களுடன் தொடர்பு கொள்ள உதவும் வேரின் உயிரணுக்களுக்குப் பதிலாக இப்பைகள் இருக்கின்றன என்று கருதிக்கொள்வோம். தாவரத்துக்கு இரும்பு உப்புக்கள்

தேவைப்படுகின்றன என்பது அதன் இரசாயன அமைப்பி லிருந்து நமக்குத் தெரியும். இவ்வுப்புக்களை நாம் மேற் கோளாக எடுத்துக்கொள்வோம். ஏனென்ருல் இவற்றின் பிரதிச்செயல்கள் மிகவும் தெளிவானவை. இவை மிகச் சிறு அளவில் இருந்தாலும்கூட இவற்றைக் கண்டுபிடிக்க முடியும். இந்தக் கண்ணுடிக் குவளையில் சிறிதளவு தண்ணீர் இருக் கிறது. இப்பொழுது இதில் சில துளிகள் இரும்பின் உப்புக் கரைசல் ஒன்றை ஊற்றுகிறேன். இத்துடன் மற்ருெரு திரவத் தையும் (**டானின்** கரைசல்) கலக்கிறேன். இதற்கு முன்பு தண்ணீரைப் போன்று நிறமற்றிருந்த திரவம், இப்பொழுது மையைப் போல் கறுப்பாகி விடுகிறது. உண்மையில் இதை மையைப் **போல்** என்று கூறக் கூடாது. ஏனென்ருல் இது உண்மையிலேயே மைதான். தண்ணீர் உள்ள பாத்திரத்தில், வெறும் தண்ணீர் உள்ள கொலோடியான் பையை நாம் வைக்கிருேம் (1). அப்பாத்திரத்தில் இரும்பின் உப்புக் கரை சலையும் பையில் சிறிதளவு டானின் திரவத்தையும் ஊற்று கிருேம். உடனடியாக, பைச் சுவரின் உட்பரப்பிற்கு அருகில் பழுப்பு நிறம் தோன்றுகிறது. ஒரு சில நிமிடங்களுக்குள் ளாக பையினுள் உள்ள திரவம் முழுவதும் மையாக மாறு கிறது (2). நாம் அமைத்த உயிரணுவினுள் இரும்பின் உப்பு தாஞகவே நுழைகிறது என்பதை நாம் காண்கிருேம். இந்தச் செயல்முறை உயிரணுவின் உள்ளே இருக்கும் இரும்பு உப்புக் கரைசலின் அடர்த்தி வெளியில் இருக்கும் அதே உப்புக் கரைசலின் அடர்த்திக்குச் சமம் ஆகும் வரை தொடர்ந்து நிகழும் என்பது நமக்குத் தெரியும். ஏனென்ருல், இவ்வாறு இருந்தால் தான் உயிரணுவிலிருந்து வெளியே வரும் இம்மிகளுக்கு ஈடான தொகை இம்மிகள் அதன் உள்ளே செல்லும். சுருக்கமாகக் கூறிஞல் இச்செயல் சமநிலை அடையும். ஆஞல் இங்கு ஒரு விஞ எழுகிறது. நாம் குறிப்பிட் டுள்ள உதாரணத்தில் இவ்விதச் சமநிலை ஏற்படுமா? பொது வாக இல்லைதான். இரும்பின் உப்பு உயிரணுவினுள் வந்த வுடன், அது டானினுடன் கூடுகிறது. தெளிவாகக் கூற வேண்டுமாஞல் அதுதான் மையை உருவாக்குகிறது. ஆகை யிஞல் உயிரணுவினுள் மைதான் இருக்கும், இரும்பின் உப்பு இருக்காது. அதில் இந்த உப்பு இல்லாவிடில், வெளியில்

உள்ள பாத்திரத்திலிருந்து புதிதாக இவ்வுப்பு உயிரணுவினுள் வரும். இது அதன் முறை வரும்பொழுது மையாக மாறும். இச்செயல் தொடர்ந்து நடைபெறும். பையில் போதுமான அளவு டானின் இருந்தால் சமநிலை ஒரு பொழுதும் ஏற்ப டாது. உயிரணுவினுள் இரும்பின் உப்பு தொடர்ச்சியாக வியாபித்துக் கொண்டே இருக்கும். இவ்விதமாக டானின் கரைசல் நிரம்பிய கொலோடியான் பையை இரும்பு உப்புக் கரைசல் நிரம்பிய பாத்திரத்தில் நாம் வைத்தால், இதில் உள்ள உப்பு முழுவதும் நீக்கப்பட்டு அப்பையை அடைந்து விடும். இந்த உபகரணத்தை ஒரு சில மணி நேரங்களுக்கோ அல்லது ஒரு சில நாட்களுக்கோ அப்படியே வைத்திருப் போம். வெளிப் பாத்திரத்தில் இரும்பு உப்பு இல்லை என்ப தை நாம் கண்டுபிடிக்கலாம்: நமது செயற்கை உயிரணு அதை முழுவதுமாக உறிஞ்சி விடும்.

ஒருவாறு தாவர உயிரணுவினுள் ஊட்டப் பொருள் கள் செல்லும் முறையைப் பற்றிய சுலபமான பௌதிக விளக்கத்தை நாம் அறிந்துகொள்ள மேலே கூறிய சோதனை உதவுகிறது. வாயுப் பொருள் அல்லது கரையும் பொருள் உயிரணுவினுள் தானாக நுழைகிறது என்பதை நாம் கண் டோம். இவ்வாறு அவை செல்வது உயிரணுவின் உள்ளேயும் வெளியேயும் அப்பொருளின் அளவு சமமாக இருக்கும் வரை நிகழும். இதையும் நாம் பார்த்தோம். உயிரணுவுக்கு உள்ளே செல்லும் பொருள் புதிய கூடுகை அடைந்து வேறு பொருளாக மாற்றப்படுவது தொடர்ந்து நிகழுமேயானால் அப்பொருள் ஒருபொழுதும் சமநிலை அடையாது. இதையும் நாம் கவனித்தோம். இப்படிப்பட்ட சந்தர்ப்பத்தில் இப் பொருள் உயிரணுவினுள் தொடர்ந்து நிரந்தரமாகச் சென்று அங்கு படியும். தாவரத்தின் திண்மை கூடுவது ஏன், அதாவது அதில் பொருள்கள் குவிவது ஏன் என்பதற்குரிய காரணங்களில் ஒன்றை நாம் இங்கு காண்கிறோம். ஆனால் நமது விளக்கத்தைப் பூர்த்தி செய்வதற்குச் சங்கிலித் தொட ரின் இன்னும் ஒரு கணு தேவைப்படுகிறது. உயிரணுவுக்கு வெளியே இருந்த பொருள்கள் அதனுள் தாராளமாக நுழை கின்றன, அதனுள் நுழைந்த பொருள்கள் வேறு பொருள் களாக மாற்றப்படுகின்றன. உயிரணுவின் உள்ளே உள்ள

பொருள்கள் உயிரணுவை விட்டு வெளியே வருவதில்லை. நாம் இப்பொழுது செய்து காட்டிய பரிசோதனை இந்த முடிவை வலியுறுத்துகிறது. உண்மையில் கொலோடியான் பையினுள் மட்டும்தான் அந்த திரவம் கறுப்பாகிறது. வெளியில் அது நீரைப் போல் நிறமற்றதாக இருக்கிறது. உயிரணுச் சுவர் வழியாக டானினோ அல்லது இரும்பின் உப்பைக் கொண்டுள்ள அதன் கூட்டுப் பொருளான மையோ வெளியில் சென்றிருந்தால் இது நிகழ்ந்திருக்காது. இதைச் சரி பார்க்க நாம் மறுதலையாக மற்றொரு பரிசோதனையைச் செய்வோம். உயிரணுவினுள்ளாக நாம் சிறிதளவு இரும்பு உப்புக் கரைசலையும் வெளிப் பாத்திரத்தில் சிறிதளவு டானினை யும் ஊற்றுவோம். ஒருசில வினாடிகளில் வெளிப் பாத்திரத்தில் கறுப்பு நிறத்தைக் காணலாம். முடிவில் திரவம் முழுவதும் கறுப்பாக மாறி விடும். இதிலிருந்து கொலோடியான் பையை வேறுபடுத்திக் காண முடியாது (படம் 19—3). இப்பையை நாம் இப்பொழுது பாத்திரத்திலிருந்து வெளியே எடுத்து விடுவோம். அதில் உள்ள கரைசல் முதலில் இருந்தது போல் நிறமற்றதாகவே உள்ளது. இதிலிருந்து உயிரணுவின் சுவரில் உள்ள மென்தோல் வழியாக இரும்பின் உப்புதான் தடையின்றி எந்தத் திசையிலும் செல்கிறது என்பது தெரிகிறது. ஆனால் டானினோ, அல்லது இரும்புடன் அதன் கூட்டுப் பொருளோ வெளியே செல்ல முடியாது. இதன் மூலம், இரு வகையான பொருள்கள் உள்ளன என்பது தெரியவருகிறது. சில வகைப் பொருள்கள் உயிரணுவின் மேலுறை வழியாகக் கடந்து செல்லும் திறன் பெற்றவை. வேறு சில பொருள்களுக்கு இத்தகைய திறன் கிடையாது. இரும்பின் உப்பு முந்தியதற்கு உதாரணம், டானின் பின்னால் கூறப்பட்டுள்ளதற்கு உதாரணம்.

இரசாயனப் பொருள்களில் உள்ள வேறு குழுக்களான பொருள்களுக்கு உதாரணங்களாக இவை விளங்குகின்றன. ஒரு குழுவிலுள்ள பொருள்கள் தாவர, அல்லது விலங்குச் சவ்வின் வழியாக எளிதில் செல்லுகின்றன. மற்றொரு குழுவில் இருப்பவை அவ்வாறு எளிதில் செல்லுவதில்லை. திரவங்களின் வியாபகம் பற்றிக் கூறுகையில், சில வகைத் திரவங்கள் விரைவாக வியாபிக்கின்றன என்றும் வேறு சில

மெதுவாக வியாபிக்கின்றன என்றும் கண்டோம். சில திரவங்கள் வேகமாக இயங்குகின்றன, வேறு சில மெதுவாக இயங்குகின்றன என்றும் குறிப்பிட்டோம். இப்பொழுது மெதுவாக வியாபிக்கும் பொருள்கள், சவ்வின் வழியாக இன்னும் மெதுவாகச் செல்லும் என்பதை இங்கு குறிப்பிடலாம். முந்திய குழுவில் உள்ள பொருள்கள் கிரிஸ்டல், அதாவது படிகம் ஆகும் தன்மை கொண்டவை ஆதலால் அவற்றை இரசாயன அறிஞர்கள் **கிரிஸ்டலாய்டுகள்** என அழைக்கின்றனர். பிந்திய குழுவில் உள்ள பொருள்களை **கொலாய்டுகள்** அதாவது பிசின்போன்ற பொருள்கள் என அழைக்கின்றனர். இவற்றிற்குப் படிகமாகும் தன்மை இல்லை.

இதில் நமது பரிசோதனைக்குரிய விளக்கமும், தாவர உயிரணுவின் ஊட்ட முறையில் உள்ள நிகழ்ச்சிக்குரிய விளக்கமும் ஒருங்கே கிடைக்கின்றன. இரும்பின் உப்புதான் டானினை நோக்கிச் செல்கிறது. டானின் இரும்பின் உப்பை நோக்கிச் செல்வதில்லை. ஏனென்றால் இரும்பின் உப்பு கிரிஸ்டலாய்டு; டானின் ஒரு கொலாய்டு. உயிரணுவின் ஊட்ட முறையை நோக்கினால், இதே நிகழ்ச்சியைத் தான் அங்கு காண்கிறோம். உயிரணுவின் சுற்றுப்புறத்தில் காணும் பொருள்கள் யாவை? வாயுப் பொருள்கள், தண்ணீர், நீரில் கரைந்துள்ள உப்புக்கள், அதாவது கிரிஸ்டலாய்டுப் பொருள்கள். பொதுவாகக் கூறுமிடத்து இவை மிகவும் விரைந்த இயக்கம் உள்ளவை, உயிரணுச் சவ்வின் ஊடாக எளிதில் கடந்து செல்லுபவை. இவ்வித உயிரணுவில் உள்ள பொருள்கள் யாவை? வெளியிலிருந்து உட்கொண்ட பொருள்களை அது எப்பொருள்களாக மாற்றுகிறது? அவற்றை உயிரணு முக்கியமாக அல்புமினாய்டுகள், எண்ணெய், பிசின், ஸ்டார்ச், அல்லது ஸெல்லுலோஸ் ஆகிய பொருள்களாக மாற்றுகிறது. வேறு வார்த்தைகளில் சொன்னால், குறைந்த இயக்கம் உள்ளவையும் சவ்வுகளின் ஊடாகக் கடக்காதவையும் ஆன கொலாய்டுகளாகவோ அல்லது முற்றிலும் கரையாத பொருள்களாகவோ மாற்றுகிறது. இந்த விஷயத்தைக் கீழ்க்கண்ட அட்டவணையின் உதவி கொண்டு எளிதாகப் புரிந்துகொள்ள முடியும்.

முக்கியப் பொருள்கள்

தாவரப் பொருள்கள்	அவற்றின் மூலங்கள்
செல்லுலோஸ்	கார்பனிக அமிலம்
ஸ்டார்ச்	தண்ணீர்
அல்புமினாய்டுகள்	உப்புக்கள்
எண்ணெய்	
கரையாத பொருள்களும் கொலாய்டுகளும்	வாயுக்களும், கிரிஸ்டலாய்டுகளும்

உயிரணு தன் வாழ்நாள் முழுவதும் அதனுள் எளிதாக வியாபிக்கும் பொருள்களாலேயே சூழப்பட்டிருக்கிறது. உதாரணமாக, காற்றில் உள்ள கார்பனிக அமிலம் தான் படும் ஒவ்வோர் உயிரணுவுக்கு உள்ளும் இடைவிடாது பாய்ந்த வண்ணமாய் இருக்கிறது. ஆனால் உயிரணுவினுள் இந்த அமிலம் எவ்வித மாறுபாடுமின்றி இருந்தால், அதில் மிகச் சிறு அளவே மேற்கொண்டு உயிரணுவினுள் செல்லும். நாம் பின்னால் காணப் போவது போல, உயிரணுவில் புகுந்ததுமே கார்பனிக அமிலம் மாறுதலடைந்து விடுகிறது. அதுவும் தண்ணீரும் கூடி கார்போஹைடிரேட்டை உற்பத்தி செய்கின்றன. இந்த மாறுதல் புதிய அளவு கார்பனிக அமிலம் உயிரணுவின் உள்ளே நுழைவதற்கு இடமளிக்கிறது. ஆகையினால் ஊட்டப் பொருள்களின் வியாபகம், அவை தன்மயமாதல், அதாவது அவை உயிரணுப் பொருளாகவே மாற்றப்படுதல் என்ற ஊட்ட முறையின் இரு கட்டங்களும் ஒன்றிற்கொன்று நெருங்கிய தொடர்புள்ளவை: ஒரு செயல் முறையை மற்றொன்று கட்டுப்படுத்துகிறது. தன்மயமாதல் நிகழாமல் இருப்பின், வியாபகமும் நடைபெறாது. வியாபகம் நிகழாமல் இருந்தால், தன்மயமாதலுக்கு எந்த விதமான பொருளும் இருக்காது. தவிர, இம்மாதிரித் தன்மயமாதல் மூலமாகப் பொருள் அரிதில் இயங்குகிற அல்லது முற்றிலும் இயக்கமற்ற வடிவத்திற்கு மாறிவிடுவதால் அது திரும்பவும் வெளியில் கசிந்துவிடாமல் உயிரணுவில் செறிகிறது.

இந்த விதமான, பொதுவான பௌதிகக் கண்ணோட் ட்த்தில் நாம் தாவரத்தின் ஊட்ட முறையைப் பரிசீலித் தால், இந்த விஷயத்தில் தற்காலத்தில் உள்ள வழக்கமான கருத்துகளிலிருந்து வேறுபட்ட கருத்து ஒன்று நமக்குக் கிடைக்கிறது. ஊட்டப் பொருள்களைத் தாவரமோ, அல்லது உயிரணுவோ ஈர்ப்பதில்லை. இதற்கு நேர்மாறாக, ஊட்டப் பொருள்கள்தாம், அவற்றிற்கே இயல்பாகவுள்ள இயக்கம் காரணமாக உயிரணுவினுள் நுழைகின்றன. உயிரணு என்பது ஒரு நுண் மையம். அங்கு சுற்றுப்புறப் பொருள்களின் சமநிலை இடைவிடாது குலைக்கப்படுகிறது. அது ஒரு நுண் அகாதம். மிக விரைந்த இயக்கமுள்ள இந்தப் பொருள்கள் இடையறாத பெருக்காக அதற்குள் பாய்ந்து அங்கே மாறுதல் அடைந்து தங்கள் இயக்கத் தன்மையை இழந்து சேமிப் பாகச் செறிகின்றன. தாவர உயிரணு ஒரு பொறி. தனக்குள் பொருளை அது எளிதாகப் புக விடுகிறது, ஆனால் வந்த பொருளை வெளிச் செல்ல விடுவதில்லை. இந்த விதமாக நாம் தாவர வாழ்க்கையின் அடிப்படை இயல்பை அறிந்து கொள்ளுகிறோம். அந்த அடிப்படையாவது திண்மை அதிகரிப்பு, பொருள் செறிவு.

உயிரணுவின் ஊட்ட முறை பற்றிய இந்தப் பொதுப் படையான விவரங்கள் தாவரம் முழுவதன் ஊட்ட முறை நிகழ்ச்சியைப் பற்றிய நமது ஆராய்ச்சியின் அனேகமாக ஒவ்வொரு அடியிலும் நமக்கு இன்றியமையாததாக இருக்கும். இதை நாம் பின்னால் காண்போம். மண்ணில் உள்ள பொருள்களிலிருந்து வேர்கள் உணவு பெறுகின்றன. இலைகள் காற்றில் உள்ள பொருள்களிலிருந்து உணவைப் பெறுகின்றன. அருகில் உள்ள உறுப்பிலிருந்து மற்றொரு உறுப்பு உணவைப் பெறுகிறது. இவை போன்ற வேறு பல நிகழ்ச்சிகளைப் பற்றி விளக்க வேண்டுமானால் நாம் கீழ்க் கண்ட அடிப்படைக் காரணங்களை மனதில் கொள்ள வேண்டும்: (1) வியாபகம், அதாவது பொருள்கள் தாங்கள் இருக்குமிடத்திலிருந்து தாங்கள் இல்லாதஇடத்திற்குப் பரவும் பண்பு; 2) மாறுதல், பொருள்கள் எளிதாக இயங்கும் வடிவிலிருந்து குறைவாக இயங்கும் அல்லது இயங்கா வடிவங் களுக்கு மாறுதல்.

இந்த விதமாக, தாவர உயிரணுவின் ஊட்ட முறைக்கு அடிப்படையாக விளங்கும் நிகழ்ச்சிகள் பற்றிய ஆராய்ச்சி, அவை உண்மையில் வியாபகச் செயல்தான் என்ற முடிவுக்கு நம்மை வரச் செய்கிறது. இச்செயல் உயிருள்ள அங்க ஜீவிகளுக்கு மட்டுமே உண்டான பிரத்தியேகப் பண்பல்ல, பொருளின் பொதுவான பண்புகளில் ஒன்று. இவற்றிலிருந்து, ஊட்ட முறை போன்ற அடிப்படையான செயல் முறையைக் கட்டுப்படுத்துவது உயிருள்ள இயற்கை, உயிரற்ற இயற்கை ஆகிய இரண்டிற்குமே பொதுவான விதிதான் என்ற முடிவுக்கு நாம் வருகிறோம்.

III

விதை

விதையின் கட்டமைப்பும் முளைத்தலின் வெளி நிகழ்ச்சிகளும். முளைத்தலுக்குரிய மூன்று சாதக நிலைமைகள்: தண்ணீர், காற்று, வெப்பம். தண்ணீரின் இயந்திரச் செயல். தண்ணீரின் இரசாயனச் செயல். நொதிவிப்பிகள். டையாஸ்டேஸ். பெப்ஸின். பூச்சியுண்ணும் தாவரங்கள். முளைக்கருவின் பகுதிகளின் தனித் தன்மை. முளைக்கருவிற்குச் செயற்கை முறையில் ஊட்டமளித்தல். தாவரத்தில் ஊட்டப் பொருள்கள் இடம் பெயர்ந்து செல்லுவதற்குரிய இயந்திர அமைப்பு.

காற்றிற்கும் விதைக்கும் உள்ள தொடர்பு; கார்பனிக அமிலம் வெளிவிடப்படுதல், ஆக்ஸிஜன் உட்கொள்ளப் படுதல்—சுவாசம். சுவாசத்தின் விளைவாக எடை குறைதலும் வெப்பம் மிகுதலும். சுற்றுப்புற உஷ்ண நிலையின் முக்கியத்துவம். குறைந்த உஷ்ண நிலை, உச்ச உஷ்ண நிலை, சாதக உஷ்ண நிலை. விதை முளைத்தலில் அதன் வயதின் பாதிப்பு. விதையின் நீண்டாயுள். முளைத்தல் காலத்தின் பொதுப் பண்புகள். தாவரத்தின் பல்வேறு உறுப்புக்களுக்கிடையே வேலைப் பகிர்வு, இது தாழ்நிலைத் தாவரங்களிலேயே காணப்படுகிறது.

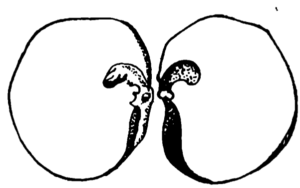
குளிர் காலப் பனிக்கு அடியில் ஓய்வெடுத்த பின்பு விதை விழித்தெழுவது முதற்கொண்டு அல்லது வசந்த காலத்தில் அது நிலத்தில் விதைக்கப்படும் கணம் முதற்கொண்டு நாம் தாவரத்தின் உயிர்ச் செயல்கள் பற்றிய ஆராய்ச்சி

யைத் தொடங்குவோம். தாவரத்தின் வாழ்க்கையில் வேறு எந்த நிகழ்ச்சியும் தாவரத்தின் முதல் தோற்ற நிகழ்ச்சி யைப் போன்று கவனத்தைக் கவர்வதில்லே. விஞ்ஞானிகளும், தத்துவஞானிகளும், கவிஞர்களும் இந்நிகழ்ச்சி பற்றிச் சிந்தித்துள்ளனர். இதைச் சுற்றி ஒரு கவிதாரூபமான மர்மத் திரை மூடியிருக்கிறது. இதில் உயிரின் பருவடிவத்தையே, உறக்கத்திலிருந்தும் இறப்பிலிருந்தும் விழித்தெழுவதற்கு அறிகுறியையே நாம் காண்கிறேம். ஏனைய உயிரற்ற இயற் கையிலிருந்து இதுவரைக்கும் வேறுபடுத்திக் காண முடியாத தாகத் தோன்றிய ஒரு பொருளில் திடீரென்று செயல்கள் உயிர்த்தெழுவது உண்மையிலேயே நமது கவனத்தைக் கவர் கிறது, நம்மைச் சிந்திக்கத் தூண்டுகிறது. மறைந்து தடைப் பட்டிருந்த பின்பு திடீரென்று மறுபடியும் பிளந்துகொண்டு வெளிப்படும் இந்த உயிரில் ஏதோ ஒன்று புதிராகவே இருக்கிறது. மனிதனது கற்பனே இந்நிகழ்ச்சியைக் கவித்துவ அலங்காரங்களேக் கொண்டு சித்திரிக்க முற்படுகிறது. இவ்வித அலங்காரங்களில் நாம் ஈடுபடாமல் இதைத் தூய விஞ்ஞான ஆராய்ச்சிக்கு உட்படுத்துவோம். சிக்கல் நிறைந்த இந்நிகழ்ச்சியை நாம் சுலபமான நிகழ்ச்சிகளாக விளக்கிக் காட்டுவோம். ஓய்வு நிலேயில் உள்ள விதைக்கும், செயல் படும் விதைக்குமிடையே காணப்படும் வேறுபாடுகளே நாம் விளக்க முற்படுவோம். இவ்வாறு இந்நிகழ்ச்சியைத் தூண்டி விடும் ஊக்கும் சக்தி எங்கு உள்ளது என்பதை நாம் கண்டு பிடிக்கலாம்.

விதையின் புதுப்பிக்கும் செயல் வெளிப்படையாகக் கீழ்க்கண்ட நடவடிக்கைகளின் மூலம் தெரிகிறது: விதை உப் புகிறது, அதன் உறை கிழிகிறது. அதிலிருந்து முதன் முதலாக முளேவேர் தோன்றுகிறது. அதன் பின்பு அதில் முளேக் குருத்து எழுகிறது. முளேக் குருத்து என்பது தாவரத்தின் முதல் இலேகளுடன் கூடிய தண்டு ஆகும். ஒவ்வொரு நாளிலும் இவ்வுறுப்புக்கள் வளர்கின்றன, பெரிதாகின்றன. இவ் வுறுப்புக்களுக்கு உணவு ஆகக் கூடிய ஏதோ ஒரு பொருளே அடிப்படையாகக் கொண்டுதான் இவ்வளர்ச்சி நிகழ வேண் டும். ஆனுல், இவ்வளவு விரைவான வளர்ச்சி இருந்தும் கூட, தாவரத்தின் வாழ்க்கையில் முளேத்தல் என்னும்இக்கட்டத்தில்

அது மண்ணிலிருந்து எந்தப் பொருளையும் உணவாகப் பெறுவதில்லை. வழக்கமாக, முளைத்தல் மண்ணிலேயே நடை பெறுகிறது. ஆனால் இதோ கம்பளித் துணியில் வளரும் பிரஷ் போன்ற பச்சை நிற கிரெஸ் செடிகள் உள்ளன. கம்பி வலையில் வளரும் மக்காச் சோளம், அவரை ஆகிய செடிகளின் விதைகள் இருக்கின்றன. இவற்றைச் சூழ்ந் திருப்பது காற்று. இவற்றின் வேர்கள் வாலை வடித்த நீரில் உள்ளன.

அவரை போன்ற விதைகளை நாம் பரிசோதித்துப் பார்த்தால் வேர், தளிர்கள் உள்ள தண்டு ஆகியவை அளவில் பெரிதாகும் பொழுது, முதல் ஜோடி இலை களான விதையிலைகளில் சுருக்கம் விழுகிறது, இவை படிப்படியாக உறிஞ்சப்படுகின்றன, சிறிதாகின் றன என்பதைக் காணலாம் (படம் 20). தாவரத்தின் பகுதிகளில் சிலவற்றின் வளர்ச்சி அதன் வேறு பகுதிகளின் உதவி கொண்டுதான் நிகழ்கிறது என்பதற்கு இந்த அவதானிக்கை குறிகாட்டியாக இருக்க முடியும்.



படம் 20

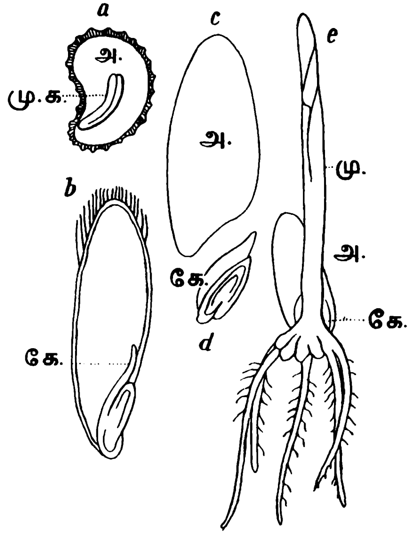
தானியங்களின் விதைகள் அவரை போன்ற விதைகளை விடச் சிக்கல் நிறைந்த கட்டமைப்புள்ளவையாக இருக்கின் றன. கோதுமை விதையை நாம் நீளப் போக்கில் இரண்டாகப் பிளந்தால், விதை உறைக்கு உட்புறமாக இரண்டு தனித் தனிப் பகுதிகளைக் காண்கிறோம் (படம் 21: *b* — முழு விதை; *c*, *d* — தனிப் பகுதிகள்). படத்தின் கீழ்ப்பக்கத்தில், ஒரு புறமாக ஒரு சின்னஞ்சிறு உறுப்பு தென்படுகிறது. இதுதான் முளைக்குருத்து. இது கரு நிலையில் உள்ள தாவரம் என்பதை முளைக்கும் விதைகளில் எளிதாக காணலாம் (படம் 21—*b*, *d*, *e*). இலை மொக்கையும் வேரின் தொடக்கத்தையும் இதில் நாம் காண்கிறோம். விதையின் எஞ்சிய பெரிய பகுதியில் வெண்மையான, ஒரே மாதிரியான மாவுபோன்ற பிண்டம் நிரம்பியுள்ளது. இது முளைசூழ்தசை எனப்படுகிறது (அ., படம் 21—*c*). இதற்கு மிக அருகில் இருக்கும்

முளைக்கருவின் பகுதி கேடகம் எனப்படுகிறது (கே., படம் 21 — *b*, *d*, *e*). இது மாறுதலுற்ற ஒரு வகை இலை. இது முளைக்கருவின் விதையிலையைக் குறிக்கிறது. இந்த விதையில் நாம் இரு விதையிலைகளுக்குப் பதிலாக ஒன்றை மட்டும் காண்கிறோம்.

முளைசூழ்தசையின் தன்மையும், அதன் நிலையும் விதைக்கு விதை வேறுபடும். உதாரணமாக, தானியப் பயிர்களில் அது மாவுப் பொருள் மிகுந்ததாகக் காணப் படுகிறது. இவ்வித முளைசூழ்தசை தான் மாவின் பெரும் பகுதியாக அமைகிறது; முளைக்கருவின் அளவு ஒப்பு நோக்கில் மிக மிகக் குறைவுதான். முளைக்கரு ஒரு பக்கமாக உள்ளது. இது கேடகத்தின் வாயிலாகத் தான் முளைசூழ்தசையுடன் இணைந்துள்ளது. கசகசாச் செடியின் விதையில் முளைக்கரு முளைசூழ்தசை சூழப்பட்டு அதனுள் பதிந்திருக்கிறது. இந்த முளைசூழ்தசை மாவுப்பொருள் நிறைந்ததல்ல. அதில் கொழுப்பும் எண்ணெயும் உள்ளது (படம் 21— *a*; அ.—முளைசூழ்தசை, மு.க.—முளைக்கரு). முடிவாக, காப்பி விதையில் முளைசூழ்தசை கொம்பைப் போலக் கடினமா னது. விதையின் பெரும் பகுதி இதுதான். இதனுள் ஒரு பக்கமாக, சிறிய முளைக்கரு உள்ளது. இந்த முளைக்கரு இருப்பதை ஒரு பரிசோதனை வெளிக் காட்டும். நமக்குக் கிடைக்கும்போது காப்பி விதைகளுக்கு முளைக்கும் சக்தி இல்லை என்பது தெரிந்ததே. உண்மையில் இவை சேகரிக் கப்பட்ட பின்பு ஒன்றிரண்டு நாட்களுக்கே முளைக்கும் திறன் இவற்றில் இருக்கிறது. ஆனால் அவற்றைக் கொதிக்கும் நீரில் அல்லது எரிகாரக் கரைசலில் ஊற வைத்தாலோ, நிச்சய மாக இறந்த விதை முளைப்பது போன்ற தோற்றத்தைக் காண்கிறோம். ஒரு மணி அல்லது அதற்கும் குறைவான நேரத்தில் அதன் வெளியுறையில் உள்ள பிளவின் வழியாகத் தூய வெண் நிற வேர் வெளியே வருகிறது. சில சமயங் களில் சிறு முளைக்கரு முழுவதும் சற்று நேரம் கழித்து வெளியே தள்ளப்படுகிறது. இச்செயலில் நிகழ்வது இது தான்: காப்பி விதையின் முளைசூழ்தசை கொம்பைப் போல் கடினமானது என்றாலும் கொதி நீர் அல்லது எரிகாரத்தின் பாதிப்பினால் மென்மையும் மீள்விசையும் உள்ளது ஆகி,

ப்பும் பொழுது முளைக்கருவை இறுக்கி வெளியே பிதுக்கித் தள்ளி விடுகிறது.

எனவே விதைகள் இரு வகைப்படும் என நாம் அறிந்து கொள்கிறோம். சில விதைகளில் நன்கு வளர்ச்சியுற்ற தசைப் பிடிப்பான விதையிலைகளைக் காண்கிறோம். வேறு சில விதைகளில் மாவுப் பொருள் மிகுந்த, எண்ணெய்ப் பசையுள்ள முளைசூழ்தசையையோ அல்லது கடினமான, கொம்புபோன்ற முளைசூழ்தசையையோ காண்கிறோம். விதை முளைக்கும் பொழுது விதையிலைகள் சுருங்கி மறைகின்றன. இதே போன்று, முளைசூழ்தசை உறிஞ்சப் படுவதால் போலும், படிப்படியாக மறைகிறது. விதையிலையிலோ அல்லது முளைசூழ்தசையிலோ பொருள் குறைவது தாவரத்தின் முளை அளவில் பெரிதாவதுடன் தொடர்புடையதுதானா? விதையிலைகள், முளைசூழ்தசை ஆகியவற்றில் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள உணவு செலவழிவதன் மூலம் தான் இளம் தாவரம் வளருகிறதா? இது போன்ற ஐயங்கள் மேற்கூறியவற்றை அறிந்தவுடன் எழுகின்றன. ஆனால் இப்பொருள்கள் எல்லாம் உறக்க நிலையில் உள்ள விதையிலும் உள்ளன. இவை இடம் பெயரும் செயல், ஏன் விதை முளைக்கும்பொழுது மட்டும் வெளிப்படையாகத் தெரிகிறது? சென்ற பிரிவுரையில் நாம் பார்த்தவற்றை நினைவிற்குக் கொணர்ந்தால் இதற்குரிய விடை தெளிவாகும். விதையிலை அல்லது முளைசூழ்தசையில் உணவுப் பொருள்கள் கரையாத, திட நிலையில் உள்ளன. நாம் மாவை, அதாவது தூளாக்கப்பட்ட



படம் 21

விதைகளைப் பற்றி நிகழ்த்திய ஆய்வை நீங்கள் ஞாபகத்தில் வைத்திருப்பீர்கள் என நான் எண்ணுகிறேன். அதில் கரையாத ஸ்டார்ச்சும், கரையாத குளூட்டனும், எண்ணெயும் உள்ளன என்பதைக் கண்டோம். இப்பொருள்கள் யாவும் இயக்கம் அற்றவை. இவை ஒரு உயிரணுவிலிருந்து மற்றொரு உயிரணுவிற்கு வியாபிக்கும் தன்மையற்றவை. இது சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள உணவிற்கு இன்றியமையாத பண்பு. ஏனெனில் மாறாக இருந்தால் இவை சேமிப்பாகத் தங்கி யிருக்க மாட்டா.

எனவே விதையில் முளைக்கரு உள்ளது, முளைக்கருவின் ஒரு பகுதியான விதையிலைகளில், அல்லது அதற்கு மிக அருகில் உள்ள முளைசூழ்தசையில் ஊட்டப் பொருள்கள் சேமித்து வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவை இயக்கமற்ற, எனவே முளைக்கருவுக்குக் கிட்டாத நிலையில் உள்ளன. இந்தச் சேமிப்புகளை இந்த முடக்கப்பட்ட மூலதனத்தைப் புழக்கத் திற்குக் கொண்டுவர வேண்டுமானால் என்னென்ன நிலை மைகள் ஏற்பட வேண்டும் என்பதே தற்போது நமது கேள்வி.

இந்த நிலைமைகள் நன்கு தெரிந்தவையே. தண்ணீர் தேவை—இது இல்லாமல் விதைகள் உலர்ந்த மண்ணில் முளைக்க முடியாது; வெப்பம் தேவை—குளிர்ந்த வசந்த காலத்தில் ஊன்றப்பட்ட விதை சூரியனின் கதிர்கள் பட்டு வெதுவெதுப்படையும் வரை எந்த விதமான உயிர்ப் பண்பு களையும் காட்டுவதில்லை; கடைசியாக காற்று அவசியம்— மண்ணில் அதிக ஆழத்தில் புதையுண்ட விதை நீண்ட காலத் திற்கு முளைக்காமலேயே இருந்து விடலாம்.

எனவே தண்ணீர், வெப்பம், காற்று ஆகிய மூன்றும் விதையை உயிர்த்து எழச் செய்யும் மூன்று முக்கிய நிபந்தனைகள் ஆகும். இவற்றை ஒவ்வொன்றாக முறையே ஆராய்வோம்.

* * *

முதன் முதலாகத் தண்ணீரின் செயல் என்னவென்று காண்போம். விதையில் மிகச் சிறு அளவு தண்ணீரே உள்ளது (பக்கம் 81ல் உள்ள அட்டவணையைக் காணவும்). இது விதை களுக்குரிய சாரரூபமான சிறப்புப் பண்புகளில் ஒன்று. உலராத விதை உயிரைத் தேக்கி வைத்தல் என்னும் முக்கியப்

பண்பை இழந்து விடுகிறது. இது குளிர் காலங்களில், வருடக் கணக்காகவும், நூற்றுண்டுக் கணக்காகவும் உறக்க நிலையில் உயிர்த்திருக்கும் குணத்தை இழந்து விடுகிறது. விதை உலர்ந்து இருக்காவிட்டால் அதைச் சேமிப்பது கடினம். மாரிக் காலத்தில் நமக்கு நல்ல விதைகள் கிடைப்பதில்லை. இக்காலத்தில் கதிர்க்கட்டுகளில் தானியம் முளைத்து விடுகிறது, அல்லது அறுவடை செய்வதற்கு முன்பே அது முளை விட்டுவிடுகிறது. விதை உறக்க நிலையில் இருக்க வேண்டுமானுல் அதற்குத் தேவையான நிபந்தனை அதில் தண்ணீர் இல்லாமல் இருத்தல் ஆகும். நீருடன் விதைக்குத் தொடர்பு கிடைத்தவுடன் அதில் உடனடியாக உயிர்ச் செயல்கள் தோன்றுவதை நாம் காண்கிறேம். விதை உப்புகிறது, தன்னைப் பாதுகாக்கும் விதையுறையை அது கிழிக்கிறது.

இவ்வாறு விதை நீரை உறிஞ்சுதலைத் தொடர்ந்து ஏராளமான சக்தி வெளிப்படுகிறது. பதினெட்டாம் நூற்றுண்டின் துவக்கத்தில் ஹேல்ஸ் என்னும் ஆங்கில விஞ்ஞானி இச்செயலை ஆராய்ந்தார். ஈரமான அவரை விதைகளை அவர் ஒரு சிறிய இருப்புப் பானை நிறைய வைத்தார். அப்பானையை ஒரு மூடி கொண்டு மூடினுர். இம்மூடியின் மீது அவர் எடையை வைத்தார். இந்த முறையில், அவரை விதைகள் ஊதும்பொழுது ஏறத்தாழ இருநூறு பவுண்டு எடையை அவற்றுல் தூக்க முடியும் என்பதை அவர் நிரூபித்தார். ஹாப்மேய்ஸ்டர் என்பவர் இதே போன்ற சூழ்நிலையில் பெரிதாகும் விதைகள் அப்பாத்திரத்தின் சுவரில் சில வாயு மண்டலங்களின் அழுத்தத்துக்குச் சமமான அழுத்தத்தை ஏற்படுத்துகின்றன என்பதை விளக்கிக் காட்டினுர். மண்டை ஓட்டிலுள்ள எலும்புகளைப் பிரிப்பதற்கு உடலமைப்பியல் அறிஞர்கள் விதைகளின் இப்பண்பைப் பயன்படுத்துகின்றனர். மண்டையோட்டிற்கு உள்ளேயுள்ள இடம் முழுவதும் ஈரமான பட்டாணிக் கடலைகளால் நிரப்பப்படுகிறது. அப்பொழுது ஏற்படும் சமமான அளவுள்ள அழுத்தம் காரணமாக மண்டையோட்டின் எலும்புகள் அவற்றின் இணைப்புகளிலிருந்து பிரிந்துவிடுகின்றன.

விதைகளின் மீது தண்ணீரின் இயந்திரத் தன்மை வாய்ந்த செயல் இவ்வகைப்பட்டது. இதன் மூலம் தமக்குத்

தேவையில்லாத விதை உறைகளை விதைகளால் நீக்க முடிகிறது. மேலும் மண் சூழ்ந்துள்ள துணுக்குகளின் எதிர்ப்பை விதை இச்செயலின் மூலம் வெற்றி கொள்கிறது. ஆனால் தண்ணீரின் இரசாயனச் செயல் இதை விட மிக மிக முக்கியமானது. தண்ணீர் இல்லாமல் பொருள்கள் கரையா. அது இல்லாமல், ஊட்டப் பொருள்கள் மாற்றமடைவதும் நிகழாது. ஆனால் தண்ணீர் மட்டும் இச்செயல்களுக்குப் போதுமானதல்ல. ஏனெனில் அதில் நாம் பார்த்த பொருள்கள் எதுவுமே கரைவதில்லை. ஊட்டப் பொருள்கள் நீரில் கரையக் கூடியவை ஆக வேண்டுமானால் அவை முதலில் வேறு சில பொருள்களாக மாற்றப்பட வேண்டும். ஸ்டார்ச், குளுக்கோஸ் என்னும் சர்க்கரையாக மாற்றப்பட்டால், தண்ணீரில் கரையும். இவ்வித மாறுபாடு சாத்தியம்தான். ஸ்டார்ச் சர்க்கரை தயாரிப்பது இந்த விஷயத்தைத்தான் அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளது. இவ்வித மாறுபாடு உண்மையில் நடைபெறுகிறது என்பதை நிரூபித்துக் காட்ட முடியும். நாம் முதலில் பச்சை பார்லியைத் தின்று ருசி பார்க்க வேண்டும். பின்பு மால்ட் பார்லியை, அதாவது முளை கட்டிய பார்லியை ருசி பார்க்க வேண்டும். பச்சைத் தானியத்தில் ருசியில்லை. ஆனால் முளை கட்டிய பார்லியில் இனிப்பு ருசி உள்ளது. ஒரு வேளை ருசி நம்மை ஏமாற்றிவிட்டது என்று வைத்துக்கொள்வோம். அப்பொழுது முந்திய அதிகாரத்தில் நான் கூறிய பரிசோதனையை நாம் கையாள வேண்டும். நீல நிறமான பெலிங்கின் கரைசல் குளுக்கோஸுடன் சிவப்பு நிற மண்டியை ஏற்படுத்துகிறது. நாம் தண்ணீருடன் கலந்த மால்டை, முளைமாவை எடுத்துக்கொள்ளுகிறோம். இதில் பெலிங்கின் கரைசலை ஊற்றினால் செந்நிற மண்டி தோன்றுகிறது. முளைத்துக் கொண்டிருக்கும் விதையிலிருந்து ஒரு சிறு துண்டை வெட்டி எடுத்துக்கொள்வோம். இதை உருப்பெருக்கியின்கீழ் வைப்போம். இத்துடன் ஒரு சொட்டு பெலிங்கின் கரைசலைச் சேர்த்தால், அத்துண்டில் உள்ள உயிரணுக்களில் செந்நிறம் தோன்றுவதைக் காண்கிறோம். ஆகையினால் ருசியும், திட்டவட்டமான இந்த இரசாயனப் பரிசோதனையும், முளைக்கும் விதையில் குளுக்கோஸ் தோன்றுகிறது என்பதைக் காட்டுகின்றன. ஆனால் ஸ்டார்ச்சிலிருந்து சர்க்கரை

..ருவாக்கப்படுகிறது என்பது உண்மைதானு? பொருளளவுப் பகுப்பாய்வும் உருப்பெருக்கியைக் கொண்டு செய்யும் ஆராய்ச்சியும் இக்கேள்விக்கு விடை தருகின்றன. பொருள் அளவுப் பரிசோதனையிலிருந்து விதை முளைக்கும்பொழுது அதிலுள்ள ஸ்டார்ச்சின் அளவு படிப்படியாகக் குறைகிறது என்பது தெரிகிறது. உருப்பெருக்கியின் மூலம் ஸ்டார்ச் அணுக்குகளில் ஒரு வித மாறுதல் தோன்றுவது தெரிகிறது. ஸ்டார்ச்சின் வடிவத்தை அவை இழக்கின்றன. அவை கிளறி விடப்பட்டவை போல் காணப்படுகின்றன. சிதைக்கப்பட்ட பனிக்கட்டி துண்டு துண்டாவது போல் அவை பிரிகின்றன. அவை உண்மையில் கரைகின்றன.

இப்பொழுது ஸ்டார்ச் சர்க்கரையாக மாறுவதற்குரிய காரணத்தை நாம் விளக்க முயற்சி செய்வோம். கந்தக அமிலத்தைப் பயன்படுத்தி நாம் இந்த மாறுதலைச் செயற்கையாகத் தோற்றுவிக்க முடியும், ஆனுல் விதைகளுக்குக் கந்தக அமிலம் கிடைப்பதில்லை. **டையாஸ்டேஸ்** என்னும் பொருள் விதை முளைக்கும்பொழுது தோன்றுகிறது. இது இவ்வமிலம் ஏற்படுத்துவது போன்ற விளைவை ஸ்டார்ச்சில் தோற்றுவிக்கிறது. நொதிவிப்பிகள் எனப்படும் பொருள்களின் பிரிவு முழுவதற்கும் **டையாஸ்டேஸை** உதாரணமாக நாம் கொள்ளலாம். மிகச் சிறு அளவு பயன்படுத்தினுல் கூட மற்றப் பொருள்களில் இரசாயன மாறுதலை ஏற்படுத்தும் பொருள்களை ''நொதிவிப்பி'' என்னும் சொல் குறிக்கிறது. இது போன்ற பல நொதிவிப்பிகள் உள்ளன. கைப்பு வாதுமையில் அதற்கென்று உள்ள ருசியோ மணமோ இல்லை. ஆனுல் இப்பண்புகள் யாவும் அதில் நொதிவிப்பியால் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. இந்த நொதிவிப்பி, விதை தண்ணீருடன் தொடர்பு கொண்டவுடனேயே, செயல்படத் துவங்கி விடுகின்றது. கடுகு விதைகளில் உள்ள பிரத்தியேகமான மூச்சுத் திணறச் செய்யும் நெடியும், ருசியும் அவற்றில் **மிரோசைன்** என்ற நொதிவிப்பியால் உண்டாகின்றன. இது தண்ணீருடன் கூடும்பொழுது, அதில் உள்ள ஒரு பொருளை (**மிரானிக்** அமிலம் எனப்படும் பொருளின் உப்பைச் சிதைக்கிறது. இப்பொருளிலிருந்து நெடியுள்ள **கடுகு எண்ணெய்** வெளிப்படுகிறது. இந்த நிகழ்ச்சியை ஒரு விஞேதமான

பரிசோதனை கொண்டு விளக்க முடியும். மருந்துக் கடைகளில் கடுகு பிளாஸ்திரிகளை விற்கிறார்கள். இதில் இரண்டு தாள்கள் உள்ளன. இவற்றை ஒன்றன் மீது ஒன்று வைத்துத் தண்ணீரால் நனைக்க வேண்டும். இவ்விரு தாள்களும் தனித் தனியாகக் கடுகு பிளாஸ்திரியாக வேலை செய்யாது. ஆனால் கடுகிற்கே உரித்தான நெடி, இந்த நனைந்த தாள்கள் ஒன்று சேர்ந்தவுடன், தோன்றிவிடுகிறது. இதற்குக் காரணமென்ன வென்றால், இந்தத் தாள்களில் ஒன்றில் அந்த நொதிவிப்பி பூசப்பட்டுள்ளது. மற்றொன்றில் இந்நொதிவிப்பி செயலாற்றும் பொருள் உள்ளது. இத்தாள்கள் நனைக்கப்பட்டவுடன் தான் நொதிவிப்பியின் விளைவு வெளியாகிறது. தாவர நொதி விப்பிகளின் செயலை விளக்க இந்த உதாரணங்கள் போதுமானவை. இது போன்றதொரு விளைவை **டையாஸ்டேஸ்** தோற்றுவிக்கிறது. இது மால்ட் திரவத்திலிருந்து எளிதாகத் தயாரிக்கப்படுகிறது. இத்திரவம் முளை கட்டிய தானியத்திலிருந்து தயாரிக்கப் பட்டதாகும். தண்ணீரில் கரைந்துள்ள ஒரு பங்கு **டையாஸ்டேஸ்** ஆயிரம் பங்குகளுக்கு மேலான அளவு ஸ்டார்ச்சைச் சர்க்கரையாக மாற்றப் போதுமானதாகும். திரவம் எவ்வளவு சூடாக இருக்கிறதோ, இம்மாறுதலும் அவ்வளவு விரைவாக நிகழ்கிறது.

இவற்றிலிருந்து, முளைசூழ்தசை அல்லது விதையிலையில் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள ஸ்டார்ச்சிலிருந்து விதையின் முளைக்கரு ஊட்டம் பெறுவது தெளிவாகிறது. இந்தச் செயல் முறை விலங்குகளின் உடல்கள் ஊட்டம் பெறுகையில் நிகழும் செயல்முறையை அப்படியே ஒத்திருப்பது அக்கறைக்குரியது. உணவுப் பாதையால் சுரக்கப்படும் உமிழ் நீர், இரைப்பை நீர், வேறு நீர்கள் ஆகியவற்றில் ஸ்டார்ச்சைச் சர்க்கரையாக்கும் **டையாஸ்டேஸ்** போன்ற நொதிவிப்பிகள் உள்ளன. இதை உணர்வது மிகவும் எளிதானது. நாம் ஒரு ரொட்டித் துண்டை நீண்ட நேரம் குதப்பிக் கொண்டிருந்தால், அதில் இனிப்பு ருசி இருப்பதை உணர்கிறோம். இவ்விதமாக, விலங்குகளும் தாவர முளைக்கருக்களும் கரையாத ஸ்டார்ச்சைச் சர்க்கரையாக மாற்றி பயன்படுத்தும் திறன் பெற்றுள்ளன.

காப்பி விதைகள் அல்லது பேரீச்சை விதைகள் போன்ற, கொம்மை ஒத்த கடினமான முளைசூழ்தசையுள்ள விதைகளிலும் இதே மாதிரியான மாறுதல் நிகழ வேண்டும். இம்மாதிரி விதைகளில் முளைசூழ்தசையின் பண்பு மிகக் கடினமான ஸெல்லுலோஸ் சுவர்களின் காரணமாக உருவாகிறது. முளைக்கும்போது இந்த ஸெல்லுலோஸ் சிதைந்து முளைக்கருவுக்கு ஊட்டம் அளிக்கிறது. இந்தச் சிதைவினுல் ஒரு விசேஷ நொதிவிப்பி இதில் சம்பந்தப்பட்டிருக்கிறது என்ற ஐயம் எழுந்தது. இத்தகைய நொதிவிப்பி உள்ளது என்பது பின்னர் நிரூபிக்கப்பட்டு விட்டது.

தாவரங்களில் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள இரண்டாவது வகைப் பொருள்களான அல்புமினுய்டுகளைக் கவனிப்போம். நாம் ஏற்கனவே பார்த்தது போல கோதுமைத் தானியத்திலும் மாவிலும் இவை கரையாத, இயக்கமற்ற உருவில் இருக்கின்றன. இவற்றிற்கு **குளூட்டன்** என்று பெயர். முட்டையில் வெள்ளைப் பகுதி, முளைசூழ்தசை போன்றவற்றில் காணப்படும் அல்புமினுய்டுகள் கரையும் தன்மை பெற்றவை. ஆனுல் இவை கூட இயங்கச் சக்தியற்று இருக்கின்றன. ஏனென்ருல் இவை **கொலாய்டுகள்**. அதாவது இவை உயிரணுச் சவ்வு வழியாக ஊடுருவிச் செல்ல முடியாத பொருள்கள். ஒரு உயிரணுவிலிருந்து மற்ருென்றுக்குச் செல்லவும், தாவரங்களுக்கு உணவாக அமையவும், அல்புமினுய்டுகள் ஸ்டார்ச்சுகள் குளுக்கோஸாக மாறுவது போன்ற மாறுபாட்டை அடைய வேண்டும்.

விலங்கு உடல் ஊட்டம் பெறும் முறை பற்றி நாம் அறிந்துகொண்டது, முளைக்கும் விதையில் நிகழும் செயலுக்கு இச்சந்தர்ப்பத்திலும் விளக்கமாக அமையும். இரைப்பை நீரில் **பெப்ஸின்** என்னும் நொதிவிப்பி உள்ளது. இது ஒரு சில துளி அமிலத்துடன் சேர்ந்து கரையாத அல்புமினுய்டுகளைக் கரையும் பொருள்களாக மாற்றும் திறன் வாய்ந்தது. உதாரணமாக முட்டை வெள்ளையையோ அல்லது வேக வைக்கப்பட்ட இறைச்சியையோ இது கரையும் பொருள்களான **பெப்டோன்களாக** மாற்றுகிறது. இவை தண்ணீரில் கரையும். இது மட்டுமல்லாமல், இவை தாவரங்கள், விலங்குகள் ஆகியவற்றின் உயிரணுச் சவ்வின் ஊடாகச் செல்ல

வல்லவை. நீண்ட காலமாகத் தாவர உலகில் இது போன்ற ஒன்றுமே கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை. அல்புமினுய்டுகள் எவ்வாறு இடம் பெயருகின்றன என்பதும் நீண்ட காலமாக விளக்கப்படாமலேயே இருந்தது. முடிவாக வெவ்வேறு துறைகளில் ஒரே சமயத்தில் சில கண்டுபிடிப்புகள் நிகழ்ந்தன. இவை தாவரங்களில் அல்புமினுய்டுகள் மாறுதலடைவதை விளக்கிக் காட்டின.

ஈப்பொறி என்னும் தாவரம் தனது தொட்டாற்சுருங்கி இலைகளின் உதவியால் தன்பால் பறந்துவந்து படும் பூச்சிகளைப் பிடிப்பதும் பின்பு அவற்றை உணவாகப் பயன்படுத்துவதும் பதினெட்டாம் நூற்றுண்டிலேயே அவதானிக்கப்பட்டது. ஆனுல் இவ்வுண்மை தக்கவாறு மதிக்கப்படவில்லை. இச்செய்தி உண்மைதானு என்று சமுசயவாதிகள் ஐயங்கொண்டனர். டார்வின் இவ்விஷயத்தில் கவனம் செலுத்தியிராவிட்டால் இதை எல்லோரும் அடியோடு மறந்திருப்பார்கள். இது போன்ற **ஊனுண்ணும் தாவரங்கள்** பலவற்றை அவர் கண்டுபிடித்தார். அவர் தாவரவியல் அறிஞர்களுக்கு அவற்றின் செயல்கள் பற்றிய அக்கறைக்குரிய விவரங்களை அறிமுகப்படுத்தினுர். இந்நிகழ்ச்சியின் எந்திரத் தன்மை வாய்ந்த செயலை இனிமேல் வரும் விரிவுரை ஒன்றில் காண்போம். இவ்விடத்தில் கரையாத அல்புமினுய்டுகளைத் தாவரம் பயன்படுத்தும் திறன் பெற்றுள்ளதை விளக்க, ஒரு உதாரணமாக மட்டுமே இதைக் காண்போம். ஜீரணம் நிகழும் முறையைச் சிறப்பாக சன்டியூ என்னும் செடியில் டார்வின் ஆராய்ந்தார். இச்செடி சதுப்பு நிலங்களில்அதிகமாகக் காணப்படுகிறது. இதன் இலைகளை மூடியுள்ள மயிர்கள் பூச்சிகளைப் பிடிக்கின்றன. இந்த மயிர்களால் சுரக்கப்படும் கோழைப் பசையில் பெப்ஸினைப் போலக் காணப்படும் பொருள் ஒன்றுள்ளது. மயிர்கள் தூண்டப்படும் பொழுது ஒரு அமிலம் இந்தக் கோழைப் பசையுடன் சேர்ந்து கொள்கிறது. அப்பொழுது இந்தப் பொருள் இரைப்பை நீரைப் போன்று அல்புமினுய்டுகளைக் கரைக்க வல்லதாகிறது. தற்செயலாக இத்தாவரத்தின் இலைகளின் மீது விழுந்த பூச்சிகள், அல்லது டார்வினது போன்ற செயற்கைச் சோதனைகளின் போது இதன் மீது வைக்கப்பட்ட இறைச்சித் துண்டு,

புரதம், கொழுப்பு ஆகியவற்றை இத்தாவரம் கரைத்துத் தன்மயமாக்கிக் கொள்ளுகிறது. கரையாத அல்புமினாய்டு களைக் கொண்டு தாவரங்களுக்கு உணவு அளிக்க முடியும் என்பதை இப்பரிசோதனை நிரூபித்துக் காட்டியது. இதனால் விஞ்ஞானிகள் முளைக்கும் விதையில் பெப்ஸின் போன்ற நொதிவிப்பிகள் இருக்கின்றனவா என ஆராய முற்பட்டனர். இவற்றைக் கண்டுபிடிக்க அவர்களுக்கு நீண்ட காலம் ஆக வில்லை. இவ்வித நொதிவிப்பிகள் முதலில் அவரை இனத் தாவரங்களில் இருப்பதைக் கண்டுபிடித்தார்கள். பின்பு நற் சணல், சணல் போன்ற தாவரங்களில் அது கண்டுபிடிக்கப் பட்டது. கடைசியாக இந்நொதிவிப்பிகள் முளைகட்டப்பட்ட பார்லியில் இருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இரைப்பை நீரைப் போன்ற இயல்புடைய நொதிவிப்பி ஒன்று பப்பாளிச் செடியின் (*Carica papaya*) மரப்பால் குழாய்களில் இருப் பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள அல்புமினாய்டுகளிலிருந்து முளைக்கரு உணவு பெறுவதை இப்பொழுது நாம் நன்கு அறிந்துகொள்ள முடிகிறது. விதை முளைக்கும் பொழுது தோன்றும் பெப்ஸின் போன்ற நொதிவிப்பி அல்புமினாய்டுகளின் மீது செயல் புரிகிறது. இந் நொதிவிப்பி அவற்றைக் கரையும் தன்மையும், வியாபிக்கும் தன்மையுமுள்ள பொருளாக மாற்றுகிறது. இது தவிர ஒரு சிறிதளவு அல்புமினாய்டுப் பொருள் இன்னும் அதிகமான மாறுதலுக்குட்படுகிறது. விதை முளைக்கும்பொழுது இவை படிகமாகும் தன்மையுள்ள பொருள்களாக, அதாவது கிரிஸ்டலாய்டுகளாக மாறுகின்றன. இப்பொருள்கள் இன்னும் விரைவாக வியாபிக்கின்றன.

இவ்விதமாக, தானிய முளைக்கரு (ரொட்டி உண்ணும் பொழுது நாம் பயன்படுத்தும்) ஸ்டார்ச்சை அல்லது குளூட் டனை அதன் உணவாகக் கொள்ளுகிறது. அது மட்டுமல்ல, அது நம்மைப் போலவே இப்பொருள்களை ஜீரணிக் கிறது; நாம் செய்வதைப் போலவே இப்பொருள்களை நொதிவிப்பிகளுடன் கலக்கிறது. பின்பு இவற்றை குளுக் கோஸாகவும், பெப்டோன்களாகவும் மாற்றுகிறது. சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள கொழுப்புப் பொருள்கள் எங்ஙனம் ஊட்

டத்திற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன என்பதைப் பற்றி நமக்கு இதைவிடக் குறைவாகவே தெரியும். ஆனால் இவற்றைப் பற்றியும் சில விவரங்கள் கிடைத்துள்ளன. இயல் நிலையில் உள்ள எண்ணெய்கள் ஈர உயிரணுச் சுவரின் வழியாகச் செல்ல முடிவதில்லை. ஆனால் அவற்றில் கிளிசரினுடன் கூடியுள்ள கொழுப்பு அமிலங்கள் உள்ளன. கிளிசரின் தண்ணீரில் எளிதாகக் கரையும் பண்புள்ளது. விதை முளைக்கும்பொழுது எண்ணெய் அதன் பகுதிப் பொருள்களான கொழுப்பு அமிலமாகவும், கிளிசரினாகவும் ஒரு நொதிவிப்பியின் உதவியால் பிரிக்கப்படுகின்றது என்று கருதுவதற்குச் சில உண்மைகள் இடமளிக்கின்றன. மேலும் விடுபட்ட கொழுப்பு அமிலம், தண்ணீரில் எண்ணெய் சிதைவுறுவதை விரைவுபடுத்துகிறது என்பது நன்கு தெரிந்த விஷயம். தண்ணீரில் கொழுப்பு மிகவும் நுணுக்கமான திவலைகளாக மாற்றப்படுகிறது. இதன் விளைவாக எமல்ஷன்கள் உருவாகின்றன. இவை நாம் ''பால்'' என அழைக்கும் வெண்மை நிறமான எண்ணெய் கொண்ட திரவங்கள். இவற்றிற்கு உதாரணங்கள்: பசுவின் பால், தேங்காய்ப் பால் போன்றவை. உணவை ஜீரணிக்கும் முறையில் இம்மாதிரி எமல்ஷன்கள் உருவாவது விலங்கு உடலின் ஊட்டத்தில் முக்கியப் பங்கு ஆற்றுகிறது. எண்ணெய்ச் சத்து மிகுந்த விதைகளில் முளைக்கருக்களின் ஊட்டத்திலும் இது ஓரளவு பங்காற்றுவது பெரிதும் சாத்தியமே.

இளம் விதைக்கரு உணவு பெறும் முறையில் உள்ள முதல் கட்டம் இப்போது விளக்கப்பட்டுவிட்டது. விதையில் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள இயக்கமற்ற உணவுப் பொருள்கள் தண்ணீர், நொதிவிப்பி ஆகியவற்றின் செயல் காரணமாக இயங்கத் தொடங்கி முளையால் பயன்படுத்தக் கூடியவை ஆகின்றன. இப்பொருள்களை உட்கொண்டே முளைக்கரு வளர்கிறது என்பதை நாம் எளிதில் நிரூபித்துக் காட்ட முடியும். முதிரைத் தாவரம் ஒன்றின் விதையிலைகளை வெட்டி எடுத்துவிட்டால், முளைக்கருவின் வேர்களும் தண்டும் ஓரளவு வளர்ச்சி பெற்றிருந்தாலும் கூட மேற்கொண்டு அதன் வளர்ச்சி நின்றுவிடும். முளைக்கரு காயம் அடைந்திருப்பதே அதன் மேல் வளர்ச்சி நின்றுவிட்டதற்குக் காரணம் என்று கருத

முடியாது. மாருக அதற்குக் கணிசமான உயிர்த்தன்மை இன்னும் இருக்கிறது என்பதைப் பரிசோதனைகள் நிரூபிக்கின்றன. அதை நாம் குறுக்காகவும் நெடுக்காகவும் துண்டுகளாக வெட்டினுலும் உணவுச் சேமிப்பு அடங்கிய விதையிலைகளுடன்அதற்குத் தொடர்புமட்டும் இருக்குமாஞல் ஒவ்வொரு துண்டும் வளரும். உண்மையில், வேரை வெட்டி நீக்கி விட்டு விதையிலைகளுடன் தொடர்புள்ள முளைக்குருத்தை விட்டுவிட்டால், தண்டு சேதமுருத முளைக்கருவில் உள்ளதை விட விரைவாக வளரும். மறுதலையாக, முளைக்குருத்தை வெட்டி விட்டு விதையிலைகளுடன் பொருந்திய வேரை வைத்திருந்தால், வேர் சேதமுருத முளைக்கருவில் உள்ளதைக் காட்டிலும் மிக விரைவாக வளரும். இது புரியக்கூடியதே. இந்த உதாரணங்களில் இந்த உறுப்புக்களில் ஒன்று, இரண்டுக்காகவும் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள உணவைப் பயன்படுத்துகின்றது. முளைசூழ்தசை உள்ள விதைகளில் (அல்புமின் உள்ள விதைகள்) உணவு வழங்கும் பகுதியுடன் முளைக்கரு உறுப்பு இணைப்பு கொண்டிருப்பதில்லை. முளைக்கரு முளைசூழ்தசையில் நெருக்கமாகப் பதிந்து இருக்கலாம், அல்லது அதனுல் சூழப்பட்டு இருக்கலாம். ஆனுல் இருவகை நிலைமைகளிலும் முளைக்கருவை எந்த விதமான சேதமுமின்றி முளைசூழ்தசையிலிருந்து எளிதாகப் பிரித்தெடுக்க முடியும். இதனுல்தான், அல்புமின் உள்ள விதைகள் முளைக்கரு ஊட்டம் பெறும் முறையைப் பற்றி ஆராயச் சிறந்த உதாரணமாக விளங்குகின்றன. தானிய வகைகளில் முளைசூழ்தசை ஆரம்பத்தில் உலர்ந்து, மாவுப்பொருள் மிகுந்ததாகக் காணப்படுகிறது. விதை முளைக்கும் பொழுது இதன் அடர்த்தி குறைகிறது. முடிவில் இது கூழ் அல்லது பாலைப் போல் மாறுகிறது. இதற்கிடையில் முளைக்கருவை முளைசூழ்தசையில் பதித்திருக்கும் கேடகம் எனப்படும் அதன் பகுதியின் (படம் 21—b, c, d, e—கே.) வெளிப்புற உயிரணுக்கள் நுண் முலைக்காம்புகள் என்னும் கூம்பிழைகளாக வளர்ந்து, மிருதுவாக்கப்பட்ட முளைசூழ்தசையிலிருந்து ஊட்டக் கரைசலை உறிஞ்சுகின்றன. பக்வீட் போன்ற வேறு பல தாவரங்களின் முளைக்கருக்கள் இன்னும் அதிகச் சாதகமான சூழ்நிலைகளைப் பெற்றிருக்கின்றன. இவை பாதித் திரவ நிலையிலுள்ள முளைசூழ்தசையில்

நீந்தி, ஊட்டப் பொருள்களைத் தங்கள் மேற்புறம் முழுவதாலும் உறிஞ்சுகின்றன. இம்மாதிரி விதைகளில் முளைக் கருவை முளைசூழ்தசையிலிருந்து அகற்றி விட்டோமானால், அதன் வளர்ச்சி நின்றுவிடும். எனினும் முளைசூழ்தசையிலிருந்து இதை வெளியில் எடுத்தபின் பிசைந்த மாவு அல்லது ஸ்டார்ச் உண்டைக்குள் வைத்து மூடிவிட்டால் இதன் வளர்ச்சியைச் செயற்கையாக ஊக்குவிக்க முடியும். பிசைந்த மாவிலிருந்து முளைக்கரு உணவைப் பெற்றுள்ளது என்பதை கருவின் தடையற்ற வளர்ச்சியிலிருந்து மட்டுமின்றி அதைச் சூழ்ந்துள்ள ஸ்டார்ச் துணுக்குகள் சிதைந்திருப்பதிலிருந்தும் உறுதிப்படுத்திக் கொள்ளலாம்.

முளைசூழ்தசை, அல்லது விதையிலைகளிலிருந்து முளைக் கரு ஊட்டப் பொருள்களை உறிஞ்சுகிறது என்ற சொற்றொடரை நாம் பல தடவை பயன்படுத்தியுள்ளோம். ஆனால் இது வெறும் உருவகமான சொற்றொடர்தான். நாம் சென்ற அதிகாரத்தில் கண்ட வியாபகம் என்னும் நிகழ்ச்சியின் அடிப்படையில் ஊட்டப் பொருள்கள் மாற்றப்படும் செயலை நாம் விளக்க வேண்டும். விதை முளைக்கும்பொழுது ஒவ்வொரு ஊட்டப் பொருளும் கரையும் நிலைக்கு மாற்றப்படுகிறது என்று கண்டோம். இக்கரைசல், வியாபக விதிப்படி, முளைக்கரு உட்பட விதையின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் சம அளவில் பரவ வேண்டும். ஆனால் இவ்வாறு பொருள்கள் சம அளவில் பரவி, சமநிலை ஏற்படுவதுடன் வியாபகம் ஆற்றும் பங்கும் முடிந்துவிடுகிறது. ஆயின், இந்த சம நிலையை மீண்டும் குலைப்பது எது? ஒரு வகையில், சொன்னால், கவர்ச்சி மையத்தை முளைசூழ்தசையிலிருந்து முளைக் கருவிற்கு மாற்றும் சக்தி எது? பொருளின் இந்த இட மாற்றத்தை நாம் எங்ஙனம் விளக்குவது? இரும்பின் உப்பு வெளிப் பாத்திரத்திலிருந்து செயற்கை உயிரணுவுக்குள் செல்வதற்குக் காரணம் வியாகப் பொருள்கள் கரையாத கூட்டுக்களாக மீண்டும் மாறிவிடுவதே என்று எப்படி விளக்கினோமோ அப்படியே தற்பொழுதும் செய்யலாம். முளைக் கருவினுள் நுழையும் திரவத்தில் உள்ள பொருள்கள் புதிய உறுப்புக்களைத் தோற்றுவிப்பதில் செலவிடப்படுகின்றன. கரையும் கார்போஹைடிரேட்டான குளுக்கோஸ் கரையாத

கார்போஹைடிரேட் ஸெல்லுலோஸாக மாற்றப்படுகிறது. இதைக் கொண்டு புதிய உயிரணுக்களின் சுவர்கள் அமைக்கப் படுகின்றன. கரையும் தன்மையும், வியாபிக்கும் தன்மை யும் பெற்றுள்ள அல்புமினாய்டுகள் இவ்வுயிரணுக்களின் கரை யாத, வியாபிக்காத புரோட்டோபிளாசமாக மாற்றப்படு கின்றன. நாம் ஏற்கனவே கண்டுள்ளபடி, இந்த மாறுதல் மென்மேலும் குளுக்கோஸையோ அல்லது வேறு பொருளையோ முளைக்கருவினுள் வரச் செய்யும், இந்த நிகழ்முறை இடை விடாது தொடரும். இது போன்று பொருள்கள் வளரும் முளைக்குருத்தில் கரைதல், வீழ்படிவாதல், முளைசூழ்தசை யிலிருந்து கருவிற்குச் செல்லுதல் போன்ற நிகழ்ச்சிகள், அவை ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்பு பெற்றிருக்கும் வரை நிகழும். இருவர் தங்களிடம் உள்ள அசையும் பொருள்களை அவ்வப்பொழுது சம அளவில் பங்கிட்டுக்கொள்வது என்று முடிவு செய்துகொண்டனர் என நாம் கற்பனை செய்து கொள் வோம். அவர்களில் ஒருவர் தம்மிடம் உள்ள அசையாப் பொருள்கள் முழுவதையும் கொஞ்சம் கொஞ்சமாக அசையும் பொருள்களாகப் படிப்படியாக மாற்றுகிறார் என்று கொள்வோம். இன்னொருவர் தமது அசையும் பொருள் களின் ஒரு பகுதியை அசையாப் பொருள்களாக மாற்றுகிறார் எனக் கொள்வோம். முடிவில், முன்னவரின் சொத்து முழுவதும் பின்னவரின் கைக்கு வந்து சேரும். இதே முறையில்தான் முளைக்கரு முளைசூழ்தசையிலிருந்தும், விதை யிலைகளிலிருந்தும் உணவைப் பெறுகிறது. அது வளர்ச்சி காரணமாக உணவை உறிஞ்சுகிறது, உணவை உறிஞ்சுவ தால் வளருகிறது. இங்கு காரணமும் காரியமும் ஒன்றுடன் ஒன்று நெருக்கமாக, எல்லா விதமான உயிர்ச் செயல்களிலும் உள்ளதைப் போல, தொடர்பு படுத்தப் பட்டுள்ளன.

எனவே, முளைக்கருவின் ஊட்ட நிகழ்முறைக்கு அடிப் படையாக வியாபகம், மாறுதல் என்னும் இரு நிகழ்ச்சிகள் அமைந்துள்ளன என்பதைக் காண்கிறோம். இவற்றைக் கொண்டுதான் எனது கடந்த விரிவுரையில் உயிரணு உணவு பெறும் முறையை விளக்கினேன். இந்த ஒற்றுமையை நீங்கள் எதிர்பார்த்திருக்கலாம். ஏனென்றால் முளைக்கருவின்

வாழ்க்கை என்பது அதில் அடங்கியுள்ள உயிரணுக்களின் ஒட்டு மொத்த வாழ்க்கைதான்.

* * *

விதை முளைக்கும்பொழுது அதன் உள்ளே ஒரு உறுப்பிலிருந்து மற்றொரு உறுப்பிற்குப் பொருள் இடம் மாற்ற மட்டுமே படுகிறது என்பதை நாம் நிரூபித்தோம். இளம் தாவரத்தின் பரிமாணமும் வளர்ச்சியும் வெளிக்கு அதிகரித்த போதிலும் மொத்தப் பொருளில் உண்மையான அதிகரிப்பு எதுவும் இந்தக் கட்டத்தில் நிகழவில்லை என்பதை விதையையும் முளைக்குருத்தையும் நிறுப்பதன் மூலம் நிரூபித்துக் காட்ட முடியும். சாதாரணமாக நிறுத்தல் இதற்குப் போதுமானதல்ல. விதையின் எடையை முதலில் பதிவு செய்து கொண்டு, பின்பு அதிலிருந்து வளர்ந்த முளைக்குருத்தின் எடையைப் பதிவு செய்தால் முளைக்குருத்து விதையை விடக் கனமாக இருப்பதை நிச்சயமாகக் காண்போம். ஆனால் இதை எளிதாக விளக்கி விடலாம். தாவரத்தின் பல்வேறு பகுதிகளில் வெவ்வேறு அளவு தண்ணீர் உள்ளது என்பதை நாம் கண்டோம். விதைகளில் தண்ணீர் அரிதாகவே உள்ளது. ஆனால் மொத்தத் தாவரத்திலோ கணிசமான அளவு நீர் உள்ளது.[1] விதை முளைக்கும்பொழுது முதலில் விதை முழுவதும் தண்ணீரை உறிஞ்சுகிறது. பின்பு அதன் முளை வேர் உறிஞ்சுகிறது. இதுவே எடை கூடுவதற்குக் காரணம். ஆனால் விதையையும், முளைக்குருத்தையும் 100 டிகிரி சென்டிகிரேட் உஷ்ண நிலையில் உலர்த்தி ஈரமற்ற நிலையில் அவற்றின் எடையை நாம் பார்த்தால் முளைக்கும் பொழுது தாவரம் அளவில் பெரிதானாலும் எடையை இழந்துள்ளது என்பதைக் காண்போம். இப்பொழுது ஒரு கேள்வி எழுகிறது. இழந்த பொருள் என்னவாயிற்று? விலங்குகளில் நிகழ்வது போல், தாவரங்கள் எந்த விதமான திடப் பொருளையோ, திரவத்தையோ கழிவுப் பொருள்களாக வெளியேற்றுவதில்லை. அப்படியே ஏதாவது கழிவுப் பொருள்கள் இருந்தாலும் எடை இழப்பு முழுவதற்கும் அதையே காரண

[1] பகுப்பாய்வு அட்டவணையைப் பக்கம் 81ல் காணவும்.

மாகக் கூற முடியாது. விதை தனது பொருளில் ஒரு பகுதியை வாயுப் பொருள் வடிவத்தில் இழக்கிறது என்றும் இக்கழிவுப் பொருள்கள் காற்றில் கலந்து விடுகின்றன என்றுமே நாம் முடிவு கட்டலாம்.

இந்த முடிவிலிருந்து நாம் விதை முளைத்தலுக்குரிய மூன்று நிபந்தனைகளில் இரண்டாவது நிபந்தனைக்கு வருகிறோம். இது காற்றின் முக்கியத்துவத்தைப் பற்றிய நிபந்தனை. காற்றில் ஆக்ஸிஜன், நைட்ரஜன் ஆகிய வாயுக்கள் உள்ளன என்பது நமக்குத் தெரியும். விதைகளுக்கு ஆக்ஸிஜன் தேவை என்பதைப் பரிசோதனைகள் காட்டுகின்றன. தரையில் அதிக ஆழத்தில் புதையுண்டுள்ள விதையோ அல்லது ஒரு போதும் மாற்றப்படாத தண்ணீரில் மூழ்கியுள்ள விதையோ முளைக்காது. இதே போன்று அதைச் சுற்றியுள்ள காற்றிலிருந்து ஆக்ஸிஜனை நீக்கி விட்டாலும் அது முளைப்பதில்லை. அது அப்படியே முளைத்தாலும் அதன் வளர்ச்சி நின்றுவிடுகிறது. சந்தேகமில்லாமல், அதற்கு ஆக்ஸிஜன் தேவைப்படுகிறது. இந்த ஆக்ஸிஜனின் வேலை என்ன?

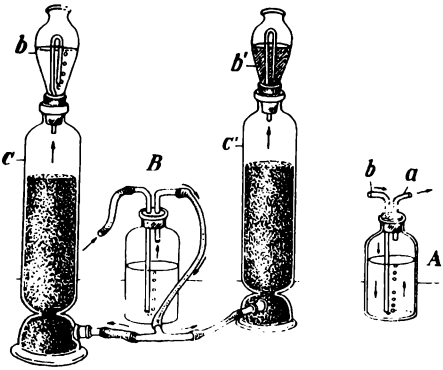
விதை ஆக்ஸிஜனை உட்கொள்கிறது என்பதை நிரூபிப்பது எளிது. ஆக்ஸிஜன் எரிவுக்குத் துணை செய்கிறது. அது இல்லாமல் இருந்தால் எரியும் பொருள்கள் அணைந்து விடுகின்றன. எனவே, முளைக்கும் விதைகள் ஆக்ஸிஜனை உறிஞ்சுவதாயிருந்து, அவற்றை அளவறுத்த காற்றில் ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவிற்கு நாம் வைத்திருந்தால் இக்காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜன் அகற்றப்பட்டுவிடும், அது தன் எரியும் தன்மையை இழந்துவிடும். இந்த அகன்ற வாயுள்ள பாத்திரத்தின் அடித்தளத்தில் சில முளைக்கும் விதைகளைப் பத்து மணி நேரத்துக்கு முன்பு நாம் வைத்தோம். இந்தப் பாத்திரம் கண்ணாடி அடைப்பான் ஒன்றால் இறுக்கமாக அடைக்கப்பட்டுள்ளது. அதை நான் இப்பொழுது திறக்கிறேன். அதனுள் ஒரு எரியும் குச்சியை நுழைக்கிறேன். குச்சி உடனே அணைந்துவிட்டது. எனவே பாத்திரத்தில் உள்ள காற்றில் ஆக்ஸிஜன் இல்லை என்பது வெளிப்படை. அதில் உள்ள ஆக்ஸிஜனை விதைகள் உறிஞ்சி விட்டன.

விலங்குகளுக்கும், தாவரங்களுக்கும் ஊட்ட முறையில் ஒற்றுமை இருப்பதை நாம் சற்று முன்பு கண்டோம்.

இதிலிருந்து, விலங்குகள் பயன்படுத்தும் அதே காரணத்திற் காகவே தாவரங்களும் ஆக்ஸிஜனை உபயோகிக்கலாம் அல்லவா என்ற கேள்வி எழுகிறது. அதை அவை சுவாசிப் பதற்காகப் பயன்படுத்தாவா? சுவாசம் என்பது சாராம் சத்தில் எரிவு ஆகும் என்பது நமக்குத் தெரியும். நாம் ஆக்ஸிஜனைச் சுவாசிக்கிறோம். அதை இரத்தம் உடம்பு முழுவதற்கும் கொண்டு செல்லுகிறது. ஆக்ஸிஜன் உடலில் உள்ள கார்பன், ஹைட்ரஜன் ஆகியவற்றின் ஒரு பகுதியை ஆக்ஸிகரணம் செய்கிறது. இவற்றை அது கார்பனிக அமிலம், நீர் ஆகிய பொருள்களாக வெளிப்படுத்துகிறது. இதைக் கீழ்க்கண்ட சுலபமான பரிசோதனை விளக்குகிறது. இப்பரிசோதனையில், நம் உட் சுவாசக் காற்றிற்கும், வெளிச் சுவாசக் காற்றிற்கும் வேறுபாடு உண்டு என்றும், வெளிச் சுவாசக் காற்றில் கார்பனிக அமிலம் உள்ளது என்றும் நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளன. பின்வரும் சோதனை கார்பனிக அமிலத்தை ஏனைய வாயுக்களிலிருந்து வேறுபடுத்தி அறிய உதவுகிறது. சுண்ணும்பு நீரின் வழியாக, அதாவது நீற்றிய சுண்ணம் கரைத்த நீரின் வழியாகக் கார்பனிக அமிலத்தைச் செலுத்திஞல் தெளிவான அக்கரைசலின் நிறம் மாறுகிறது. அதில் பால் போன்ற வீழ்படிவு ஏற்படுகிறது. இது சாக் அல்லது கால்ஷியம் கார்பனேட்டின் வீழ் படிவு. இப்பொருள் சுண்ணும்பு, கார்பனிக அமிலம் ஆகியவை கூடிய கூட்டுப் பொருள். நான் குடுவை (படம் 22—A) ஒன்றை எடுத்துக்கொள்கிறேன். இதனுள் ஒரு கார்க்கின் வழியாக இரண்டு வளைந்த குழாய்கள் செருகப்பட்டுள்ளன. ஒன்று சுண்ணும்பு நீரினுள்ளாக இருக்கிறது. குட்டையான மற்ருெரு குழாய், அந்நீர் மட்டத்திற்கு மேலாக இருக்கிறது. நான் குட்டையான குழாயை (*a*) என் வாயில் வைத்துக் காற்றை உள்ளுக்கு உறிஞ்சுகிறேன். வெளியில் உள்ள காற்று நீண்ட குழாயின் மூலமாக திரவத்தினுள் குமிழி குமிழியாக வருகிறது. திரவம் எந்த விதமான மாறுபாடு மின்றித் தெளிவாக இருக்கிறது. நான் இப்பொழுது அக்குடு வையைத் திருப்பி வைக்கிறேன். நீண்ட குழாயை (*b*) என் வாயில் வைத்துக்கொண்டு காற்றை வெளியே செலுத்து கிறேன். காற்று உடனடியாக அத்திரவத்தின் வழியாகக்

குமிழியிட்டுக் கொண்டு செல்கிறது. அத்திரவம் நிறம் மாறு கிறது. குடுவையின் அடியில் உள்ள வெண்ணிற வீழ்படிவு சாக்தான் என்றும், அதில் கார்பனிக அமிலம் உள்ளது என்றும் நிரூபிக்க, நான் ஒரு சில துளிகள் காடியைச் சேர்க்கிறேன். வீழ்படிவு சீறும் நுரைகளுடன் கரைகிறது. இவ்வாறு சீறும் வாயுக் குமிழிகள் நான் வெளியேற்றிய கார்பனிக அமிலம் தவிர வேறில்லை.

கார்பனிக அமிலத்திற்கு மற்ளெரு பரிசோதனை உள்ளது. அது வருமாறு: எல்லா எரிகாரங்களும் கார்பனிக அமிலத்தை விரைவாக உறிஞ்சி விடுகின்றன. சிறிதளவு கார்பனிக



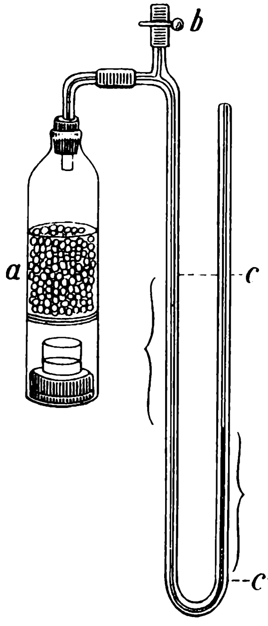
படம் 22

அமிலத்தை ஒரு கண்ணுடிக் குழாயில் நான் எடுத்துக் கொள்கிறேன். அதன் திறந்த முனையை விரலால் மூடிக் கொள்கிறேன். அதை எரிகாரக்கரைசல் உள்ள பாத்திரம் ஒன்றினுள் வைக்கிறேன். குழியின் வாயை மூடியிருக்கும் என் விரலை எடுத்து விடுகிறேன். பாத்திரத்தில் உள்ள திரவம் விரைவாகக் குழாயினுள் நுழைந்து அதை நிரப்புகிறது. குழாயினுள் இருந்த கார்பனிக அமிலம் மறைந்துவிட்டது. அதாவது அதை அத்திரவம் உறிஞ்சி விட்டது.

கார்பனிக அமிலத்தைக் கண்டுபிடிக்க இவ்விதச் சாதனங்கள் நம்மிடம் இருக்கும்பொழுது நமது பழைய கேள்விக்குத் திரும்பலாம். முளைக்கும் விதைகள் சுவாசிக் கின்றனவா? நாம் ஏற்கனவே இக்கேள்விக்கு ஒரு பாதி பதிலைக்

கூறிவிட்டோம். ஆக்ஸிஜன் இல்லாமல் அவற்றால் இருக்க முடியாது என்றும், அவை அதை உட்கொள்கின்றன என்றும் கண்டோம். இப்பொழுது அவை உட்கொள்ளும் ஆக்ஸி ஜனுக்குப் பதிலாக கார்பனிக அமிலத்தை வெளிவிடுகின்றன என்று நாம் நிரூபிக்க வேண்டும். இதைத் தெளிவாகப் புரிந்து கொள்வதற்காக நான் இன்னொரு வகையான பரிசோதனை யைக் கூறுகிறேன். நடுவில் உள்ள பாத்திரத்தில் (படம் 22—B) அம்புக் குறியிட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ள துவாரம் வழியாக சாதாரணக் காற்று உட்செலுத்தப்படுகிறது (இது எவ்வாறு செய்யப்படுகிறது என்பது நமக்கு முக்கியமல்ல, இப்பரிசோதனையின் நோக்கத்திற்கு அவசியமில்லாத பரி சோதனை நுணுக்கம் இது). காற்று இப்பாத்திரத்தில் உள்ள எரிகாரம் வழியாகக் குமிழி குமிழியாகச் செல்லுகிறது. அது செல்லும் பொழுது காற்றில் எப்பொழுதும் உள்ள கார்பனிக அமிலத்திற்குரிய அடையாளங்களை விட்டு விட்டுச் செல்லு கிறது. இது போன்ற பலர் உள்ள அறையில், காற்றில் கார்பனிக அமிலத்தின் அளவு அதிகமாகத்தான் இருக்கும். கார்பனிக அமிலம் நீக்கப்பட்ட காற்று இப்பாத்திரத்தி லிருந்து இரண்டு பிரிவாக (படத்தில் அம்புக் குறியிட்டுக் காட்டியபடி) இரு பாத்திரங்களின் வழியாகச் (c, c') செல்லு கிறது. இப்பாத்திரங்களிலிருந்து, காற்று அவற்றின் உச்சி யில் உள்ள புனலில் (b, b') இருக்கும் தெளிந்த சுண்ணும்பு நீரின் வழியாகக் குமிழியிட்டுச் செல்கிறது. இப்பாத்திரங்கள் ஒரே மாதிரியானவை. இவற்றின் வழியாக ஒரே தன்மை யுள்ள காற்றுதான் செலுத்தப்படுகிறது. ஆனால் இவற்றில் ஒரே ஒரு வேறுபாடு உள்ளது. c' என்று குறியிடப்பட் டுள்ள பாத்திரத்தில் முளைக்கும் நற்சணல், அல்லது அவரை யின் உயிருள்ள விதைகள் சிறிதளவு உள்ளன. மற்றொன்றில் அரிகாரத்தால் முன் கூட்டியே விஷமூட்டப்பட்ட விதைகள் உள்ளன. இவ்வுபகரணத்தின் வழியாகச் செல்லும் காற்று தொடர்ந்து விதைகளின் மீது படுகிறது. இதன் பின்பு காற்று b, b' என்ற புனல்களின் வழியாகச் செல்லுகிறது. இதில் தோன்றும் மாறுதலை நீங்கள் உடனடியாகப் பார்க் கிறீர்கள். இடது பக்கத்திலுள்ள புனலில் திரவம் தெளிவாக இருக்கிறது. அதே சமயத்தில் வலது பக்கத்திலுள்ள

டிணலில் இருக்கும் திரவம் நிறம் மாறுகிறது. இது பால் வெண்மையாக மாறுகிறது. இப்பகுதியில் சாக் வீழ்படிவு தோன்றுகிறது. இதிலிருந்து, முளைக்கும் விதை வழியாகச் செல்லும் காற்றில் கார்பனிக அமிலம் உள்ளது என்பது தெரிகிறது. எனவே, விதைகள் ஆக்ஸிஜனை உறிஞ்சுகின்றன, கார்பனிக அமிலத்தை வெளிவிடுகின்றன. இச் செயல்கள் இரண்டும் ஒன்றிற்கு ஒன்று பரஸ்பரத் தொடர்புடையவை, அதாவது உறிஞ்சப்பட்ட ஆக்ஸிஜனுக்குப் பதிலாக, கார்பனிக அமிலம் வெளிவிடப்படுகிறது என்பதை நாம் நிரூபிக்க வேண்டும். இதைக் கீழ்க்கண்ட பரிசோதனை மூலம் விளக்கலாம். இப்பரிசோதனையிலிருந்தே சுவாசச் செயல்முறை நடைபெறுவதற்குத் தேவையான சக்தி பற்றியும் நாம் அறிந்துகொள்ள முடியும். குறுகலான மணி ஜாடி a (படம் 23) ஒன்று கம்பி வலையால் இரு பாகங்களாகப் பிரிக்கப் பட்டிருக்கிறது. இதன் மேற்புறத்தில் சில முளைக்கும் நற்சணல் விதைகள் போடப்படுகின்றன. இதன் கீழ்ப் பகுதியில், எரிகாரக் கரைசல் உள்ள சிறு பீக்கர் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இக்கீழ்ப் பகுதியின் வாய் ரப்பர் அடைப்பானல் மூடப்பட்டுள்ளது. மணி ஜாடியின் மேற்புறத் திறப்பும் ரப்பர் அடைப்பானல் மூடப்பட்டுள்ளது. இதன் வழியாக மானேமீட்டரின் வளைந்த குழாய் செல்லுகிறது. இவ்வளைந்த குழாயில் வண்ணத் திரவம் உள்ளது. இதில் b என்னுமிடத்தில் அடைப்புக் குச்சி ஒன்று இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் வேலை உபகரணத்திற்கு உள்ளேயும், வெளியேயும் உள்ள காற்றின் அளவைச் சம நிலையில் வைத்தல் ஆகும். இந்த அடைப்புக் குச்சி மூடியிருக்கும் பொழுது, மானேமீட்டரின் இடது புயத்தில் உள்ள வண்ணத் திரவம் உயர்ந்து, வலது



படம் 23

புயத்தில் தாழ்கிறது. இதனுல் அத்திரவத்தின் மட்டம் ஒரு பக்கத்தில் c என்ற அளவிலும், மற்ருெரு பக்கத்தில் c' என்ற அளவிலும் இருக்கின்றது. இப்பரிசோதனையின் பொருள் தெளிவானதுதான்: மணி ஜாடியின் மேற்புறத்தில் உள்ள விதைகள் கார்பனிக அமிலத்தை வெளி விடுகின்றன. கீழ்ப் புறத்தில் பீக்கரில் உள்ள எரிகாரம் இதை விரைவாக உறிஞ்சி விடுகிறது. இது நமக்குத் தெரியும். இதையொட்டி, இவ்வுபகரணம் முழுவதிலும் காற்றின் கன அளவு குறைகிறது. இது மாஞேமீட்டரின் இடது புயத்தில் உள்ள திரவத் தம்பம் உயர்வதன் மூலம் வெளிப்படுகிறது. இப்பரிசோதனையிலிருந்து ஏதோவொரு வாயுவை விதைகள் உறிஞ்சியதற்குப் பதிலாக கார்பனிக அமிலம் வெளிப்படுகிறது என்பது நிரூபணமாகிறது. ஏனென்ருல், உபகரணத்தினுள் உள்ள காற்றினுடன் கார்பனிக அமிலம் சேர்க்க மட்டும் பட்டால் கீழ்க்கண்ட இரண்டு சம்பவங்களில் ஒன்று நிகழும்: உபகரணத்தில் உள்ள காற்றின் கன அளவு கூடும் அல்லது அது எந்த வித மாறுதலும் அடையாமல் இருக்கும் (அதாவது உற்பத்தி செய்யப்பட்ட கார்பனிக அமிலம் முழுவதையும் எரிகாரம் உறிஞ்சிவிடுகிறது என்று வைத்துக்கொண்டால்). காற்றின் கன அளவு குறைவது, விதைகள் ஆக்ஸிஜனை உறிஞ்சுவதைப் பொறுத்திருக்கிறது. இந்த ஆக்ஸிஜனுக்குப் பதிலாக, சம கன அளவு உள்ள கார்பனிக அமிலம் வெளிவிடப் படுகிறது. இதை எரிகாரம் உறிஞ்சி விடுகிறது. எனவே, கன அளவில் எற்படும் இக்குறைவு, வெளிவிடப்பட்ட கார் பனிக அமிலம், உட்கொள்ளப்பட்ட ஆக்ஸிஜன் ஆகியவற் றின் அளவை அளக்க உபயோகப்படுகிறது. திரவத் தம்பம் விரைவாக உயருகிறது. இது மணி ஜாடியினுள் நுழைந்து விடாமல் இருக்க, நான் விரிவுரை ஆற்றும்பொழுது அடிக்கடி அடைப்புக் குச்சியைத் b திறக்க வேண்டியிருக் கிறது. மாஞேமீட்டரில் உள்ள திரவத்தில் ஏற்படும் தொடர்ச்சியான அசைவு, விதைகளில் நிகழும் கண்ணுக்குத் தெரியாத, கேட்க முடியாத, ஆனுல் சக்தி வாய்ந்த சுவாசச் செயல்முறையை நிரூபித்துக் காட்டுகிறது.

சமீபத்தில் நிகழ்ந்த ஆராய்ச்சிகளின்படி, நமக்கு ஏற் கனவே நன்கு தெரிந்த டையாஸ்டேஸ் என்னும் நொதி

ளிப்பிக்கும் சுவாசத்திற்கும் நெருங்கிய தொடர்பு உண்டு எனத் தெரிகிறது. தண்ணீரில் நனைந்து ஊறியுள்ள விதைகளை, காற்றிற்குப் பதிலாக ஹைட்ரஜன் மட்டும் நிரம்பியுள்ள பாத்திரத்தில் வைத்தபொழுது அவை வளரவே இல்லை, அவற்றில் டையாஸ்டேஸ் உண்டாகவும் இல்லை. ஆனல் இதே போன்ற விதைகள் காற்றில் வைக்கப்பட்டபொழுது டையாஸ்டேஸ் உள்ள முளைகள் அதிலிருந்து தோன்றின. தாவரத்தின் வாழ்க்கையைத் துவக்கி வைக்கும் சுவாசச் செயல்முறையின் உடனடியான விளைவுகளில் ஒன்றைப் பற்றி இங்கு நாம் அறிந்துகொண்டோம்.

உலர்ந்த பொருளைத் தாவரங்கள் தொடர்ச்சியாக இழப்பதற்குச் சுவாசம் விளக்கமாக அமைகிறது. இவ்வுண்மை காற்றிற்கும் விதைக்கும் உள்ள தொடர்பை ஆராய நம்மைத் தூண்டுகிறது. சுவாசம் என்பது அங்ககப் பொருளில் உள்ள கார்பன், ஹைட்ரஜன் ஆகியவை மெதுவாகத் தொடர்ந்து எரிதல் ஆகும். உண்மையில், விதையையும், அதிலிருந்து வளர்ந்த முளைக் குருத்தையும் பரிசோதனை செய்து ஒப்பிட்டால், இந்த மூலகங்கள் (ஹைட்ரஜன், கார்பன்) தாம் எடை இழப்பிற்குக் காரணமாக இருக்கின்றன என்று தெரிகிறது. ஆனல், விதையில் உள்ள நைட்ரஜனின் அளவில் எந்த மாறுதலும் நிகழ்வதில்லை.

* * *

சுவாசச் செயல்முறை விலங்குகளிலும் விதைகளிலும் ஒரே மாதிரியாக நிகழ்கிறது என்பதை நாம் நிரூபித்து விட்டோம். இப்பொழுது நாம் ஒரு படி மேலே சென்று பின் வரும் வினவை எழுப்பலாம். விலங்குகளிலும், தாவரங்களிலும், இச்செயலைத் தொடர்ந்து நிகழும் விளைவுகள் ஒரே மாதிரியானவை தாமா? சுவாசம் என்பது மெதுவாக நிகழும் எரிவு. இது விலங்கின் உடல் உஷ்ண நிலையைப் பாதுகாக்கிறது. இது விலங்கின் உடலைச் சூடுபடுத்துகிறது. இதே போன்று அது முளைக்கும் இளம் தாவரத்தைச் சூடுபடுத்தாதா? அத்தாவரத்தின் வளர்ச்சிக்குத் தேவையான வெப்பத்தைக் கொடுக்காதா? இது விதை முளைத்தலுக்குத் தேவையான மூன்று நிபந்தனைகளில் மூன்ருவது நிபந்தனை எதுவென்று

அறிய வழி காட்டுகிறது. இம்மூன்ருவது நிபந்தனை வெப்பத்தின் விளைவுகளைப் பற்றியது.

பரிசோதனைகள் எதுவுமில்லாமலேயே பொதுவான உற்று நோக்குதல்கள் மூலம், விதை முளைக்கும்பொழுது — வெளிப்படையாகச் சுவாசத்தின் விளைவாக — அதிக வெப்பமாகிறது என்பதை நாம் கண்டுகொள்ளலாம். மால்ட் எனப்படும் முளைமா தயாரிப்பதற்கான செயல்முறையின் பொழுது முளைத்துக்கொண்டிருக்கும் பார்லி தானியக் குவியல்கள் மிகுந்த வெப்பம் அடைவதால் உஷ்ணமானியின் உதவியின்றிக் கையாலேயே வெப்ப உயர்வை உணர முடியும் என்பது வெகு நாட்களுக்கு முன்பே அவதானிக்கப்பட்டது. அழுகிக் கொண்டிருக்கும் விதைகள் தாமாக எரிந்து விடுகின்றன என்பதும் கவனிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இங்கு சகஜமான உயிர்ச் செயல்கள் தவிர நுண்ணுயிர்களால் தோற்றுவிக்கப்படும் அழுகி விடும் செயலும் சேர்ந்து நிகழ்கிறது. அதிகத் துல்லியமான பரிசோதனைகளில் இந்த நுண்ணுயிர்களின் செயல்கள் கூடுமான வரை தவிர்க்கப்படுகின்றன. இப்பொழுது அழுகும் விதைகளின் உஷ்ணத்தை அளந்தால் சுற்றுப்புற உஷ்ண நிலையிலிருந்து 4°, 10° அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட டிகிரிகள் அவற்றின் உஷ்ண நிலை[1] உயர்ந்திருப்பதைக் காணலாம். இந்த வெப்பமடையும் செயல்முறை வளரும் முளைக்கருவிற்கு நன்மை தரும் செயல் என்பது வெளிப்படை. ஏனென்ருல் விவசாயிகளின் எண்ணற்ற அவதானிக்கைகளும், தாவரவியல் அறிஞர்களின் அதிகத் துல்லியமான பரிசோதனைகளும் விதை விரைவாக முளைத்தல், அதாவது முளைவேர் முதலில் தோன்றுவதும் முளைக்கரு மேற்கொண்டு வளர்வதும் உஷ்ண நிலையை நேரடியாகப் பொறுத்துள்ளது என்பதையும், வெவ்வேறு தாவரங்களுக்கு முளை வளர்ச்சிக்கான வாய்ப்பு நின்றுவிடும் வரம்புகள் வெவ்வேருக உள்ளன என்பதையும் நிரூபித்திருக்கின்றன. ஏராளமான தாவரங்களுக்கு அவற்றின் விதை முளைத்தல் தொடங்குவதற்கு

---

[1] 126, 127, 128, 129 பக்கங்களில் உஷ்ண நிலை அளவுகள் ரேயாமியூர் அளவீட்டின்படி கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன (உறை நிலை 0°, ஆவியாகும் நிலை 80°). — **(ப-ர்.)**

மற்ற குறைந்த பட்ச உஷ்ணம், அது இந்தத் திறனை இழந்துவிடும்படியான அதிக பட்ச உஷ்ணம் ஆகியவற்றை நாம் குறிப்பிட்டுக் காட்ட முடியும். இந்த இரு எல்லைகளுக்குள், குறிப்பிட்ட உஷ்ண நிலை வரை வளர்ச்சி விரைவு அதிகரிக்கிறது. அதற்குப் பின்பு அது படிப்படியாகக் குறைகிறது. இந்த முறையில் நாம் மூன்று விதமான உஷ்ண நிலைகளை வேறுபிரித்து அறிகிறோம். ஒன்று குறைந்த உஷ்ண நிலை, மற்றொன்று உச்ச உஷ்ண நிலை. இவை விதை முளைப்பதற்கு வாய்ப்புள்ள எல்லைகளாக அமைகின்றன. இன்னுமொன்றில் இச்செயல்முறை யாவற்றிலும் வெற்றிகரமாக, அதாவது வெகு விரைவாக நிகழ்கிறது. இதைச் சாதக உஷ்ண நிலை என்கிறோம். உதாரணமாக நமது தானிய வகைகள், சாதாரணமாக 2°-3° உஷ்ண நிலையில் முளைக்கத் தொடங்குகின்றன. இந்த உஷ்ண நிலை கூடக் கூட, முளைத்தலும் விரைவாக நிகழ்கிறது. ஆனால் 15°-16° க்கு மேலாக, இச்செயல்முறை மறுபடி சுணங்கத் தொடங்குகிறது. சுமார் 30°ல் இது பெரும்பாலும் நின்று விடுகிறது. தண்ணீரின் உறை நிலையான 0 டிகிரி சென்டிகிரேடில் உயிர்ச் செயலும், விதை முளைத்தலும் நிகழ முடியாது என்று நீண்ட காலமாகக் கருதப்பட்டு வந்தது. ஆனால் விதைகள் பனிக்கட்டியில் கூட முளைக்க முடியும் என்ற அக்கறைக்குரிய விவரம் சமீபத்தில் அவதானிக்கப் பட்டிருக்கிறது. இதற்காகச் செய்யப்பட்ட பரிசோதனை பின் வருமாறு: ஒரு துண்டு பனிக்கட்டியில் சிறு குழியொன்று குடையப்பட்டது. குழிக்குள் விதைகள் வைக்கப்பட்டன. இவை மற்றொரு பனிக்கட்டித் துண்டால் மூடப்பட்டன. இந்த முழுக் கட்டியும் ஒரு பெட்டியினுள் வைக்கப்பட்டது. இப்பெட்டியைச் சுற்றி இரண்டடி கனத்திற்குப் பனிப் பாளங்கள் அடுக்கப்பட்டன. இவ்வாறு பனிப்பதனம் செய்த ஒரு பிரிவு விதைகள் ஜனவரி மாதத்திலும் மற்றொரு பிரிவு மார்ச்சு மாதத்திலும் நிலவறையில் வைக்கப்பட்டன. இரண்டு மாதங்கள் கழித்து, அதாவது முறையே மார்ச் மாதத்திலும், மே மாதத்திலும், கோதுமை, ரை, அவரை, முட்டைக் கோசு, கடுகு போன்ற பல்வேறு விதைகள் பனியினுள் முளைத்துக் கொண்டிருப்பது காணப்பட்டது. அவற்றின் சின்னஞ்சிறு முளை வேர்கள் பனியைத் துளைத்துக்கொண்டு

சென்றிருந்தன. இது எதிர்பாராத பரிசோதனை, ஆனால் ஆதார பூர்வமானது. இதே போன்று ஆல்ப்ஸ் மலையில் வளரும் தாவரங்கள் பனியிலும் கூட மலர்கின்றன. இதற்கெல்லாம் காரணம் யாது? இதன் காரணம், அத்தாவரங்கள் சுவாசிக்கும் பொழுது வெப்பம் வெளிவிடப்படுகிறது; இவ்வெப்பம் தாவரத்தைச் சுற்றியுள்ள பனியை உருக்குகிறது என்பது தான். இதற்கு முன்பெல்லாம் 0 டிகிரி சென்டிகிரேடில் உயிர் வாழ முடியாது என்று கருதப்பட்டது. இதற்கு ஒரு காரணம் இந்த உஷ்ண நிலையில் தண்ணீர் உறைய வேண்டும் என்பதுதான். ஆனால் இது தவறு. தண்ணீர் சில சந்தர்ப்பங்களில் 0 டிகிரி சென்டிகிரேடுக்குக் கீழ்ப்பட்ட உஷ்ண நிலையிலும் உறையாது. உதாரணமாக, மிகவும் குறுகலான தந்துகிக் குழாய்களில் அது -10°ல் கூட உறைவதில்லை.

எனவே 0 டிகிரியிலிருந்து 40 டிகிரி வரையுள்ள வரம்புகளுக்குள்தான் விதை முளைத்தல் (பொதுவாகக் கூறுமிடத்து எல்லா உயிர்ச் செயல்களுக்கும் இது பொருந்தும்) நடைபெற முடியும். இந்த உஷ்ண நிலை ஓய்வு நிலையில் உள்ள விதைகளுக்குப் பொருந்துவதில்லை. அவை உலர்ந்திருப்பதால், எப்படிப்பட்ட உஷ்ண நிலை வேறுபாட்டையும் சேதமின்றித் தாங்கிக் கொள்ளுகின்றன. நன்கு உலர்ந்த விதையை 100°-120° வரையுள்ள உஷ்ண நிலைக்கு உட்படுத்த முடியும், அதே போன்று அதை மிகக் குறைந்த உஷ்ண நிலைக்கும் உட்படுத்த முடியும். மிகக் குறைந்த உஷ்ண நிலை திரவக் காற்றின் மூலம் தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. இப்படிப்பட்ட உஷ்ண நிலைகளுக்கு உட்படுத்தியும்கூட, விதைகள் முளைக்கும் திறனை இழப்பதில்லை. ஆகவே ஓய்வு நிலையில் உள்ள விதைக்கு மிக அதிகமான உஷ்ண நிலையையும் தாங்கிக் கொள்ளும் பண்பு சிறப்பாக அமைந்துள்ளது. இது போன்ற தாங்கு திறன் அதன் முக்கியமான குணங்களில் ஒன்று.

விதை முளைத்தலுக்கு அவசியமாக இருக்கும் மூன்றுவது நிபந்தனையான உஷ்ணத்தின் முக்கியத்துவம் இது. வெப்பத்தின் விரைவுபடுத்தும் தன்மை, குளிர்ச்சியின் தடைப்படுத்தும் திறன், உஷ்ண நிலையின் உயர்ந்த, தாழ்ந்த கட்டங்கள் ஆகியவை எல்லாம் உயிருள்ள அங்கஜீவிகளுக்கு மட்டுமே சிறப்பாக உரிய பண்பாக விளங்குகின்றன என்று நாம்

டுருதலாகாது. மாருக வெப்பத்திஞல்தான், அங்கஜீவியில் பெரும்பாலான இரசாயன, பௌதிக மாறுதல்கள் நிகழ்கின் றன என்பதும் உண்மை. குறுகலான தந்துகிக் குழாய்களில், வெப்ப உயர்வு காரணமாக, திரவங்களின் வியாபகமும், அவை கடத்தப்படலும் விரைவாக நிகழ்கின்றன. இவ்வுயர்வு காரணமாக, டையாஸ்டேஸ் ஸ்டார்ச்சின் மீது விரைவாகச் செயல் புரிகிறது. ஆஞல் இரசாயன, பௌதிகச் செயல் முறைகள் உஷ்ணத்தின் காரணமாக விரைவாக நிகழுமாஞல், அதிகமான உஷ்ணம் ஏன் விதைகளில் இடம் பெறும் உயிர்ச் செயல்களுக்குத் தடையாக இருக்கிறது? ஏன் மத்திமமான, சாதகமான உஷ்ணம் என்று ஒன்று இருக்கிறது? இது உண்மை யில் உயிருள்ள அங்கஜீவிகளுக்குரிய சிறப்புப் பண்புதாஞ? இது போன்ற யூகங்களுக்கு அவசியமேயில்லே. உயிர்ச் செயல் முறைகளுக்கு உதவியாக இருக்கும் இரசாயனச் செயல்முறை களே வெப்பம் விரைவுபடுத்துகிறது என்பது நமக்குத் தெரி யும். அதே சமயத்தில் இந்த வெப்பம் உயிர்வாழ்க்கைக்கு ஒவ்வாத வேறு பல விளேவுகளேயும் தோற்றுவிக்கிறது. உதாரணமாக, உயிருள்ள உயிரணுக்களின் அடிப்படையாக விளங்கும் புரோட்டோபிளாசத்தின் இரசாயன அமைப்பில் பங்கு பெறும் அல்புமிஞய்டுகள் சுமார் 50°ல் முட்டையின் வெள்ளேயைப் போன்று திரைகின்றன. ஒரு வேளே இவ்வுஷ்ண நிலேயை அடைவதற்கு முன்பாகவே கூட அது மாற ஆரம்பிக்கிறது போலும். எனவே, உஷ்ண நிலேயில் ஏற்படும் உயர்வு விதையின் செயலுக்குச் சாதகமான விளேவுகளேயும் பாதகமான விளேவுகளேயும் ஏற்படுத்துகிறது. ஆகையிஞல் ஒரு குறிப்பிட்ட சாதக உஷ்ண நிலேயில், வெப்பத்தின் நன்மை யான பாதிப்புக்களும் தீமையான பாதிப்புக்களும் சந்திக் கும் கட்டத்தில், விதையின் செயல் மிகவும் நன்ருக நடை பெற முடியும். எனவே, முளேக்கும் விதையின் மீது உஷ்ண நிலே விளேக்கும் பாதிப்புக்களில், அதன் செயல்பாட்டிஞல் நடைபெறும் நிகழ்ச்சிகள்குறித்த பௌதிக-ரசாயன விளக்கத் தை நாம் கைவிட்டு விடும்படி செய்யக் கூடிய எதுவும் நமக்கு எதிர்ப்படவில்லே.

விதையின் வாழ்க்கையில் இன்னுமொரு பகுதி, துர்ப்பாக்கியவசமாக இன்னும் சரிவர விளக்கப்படாத பகுதி

உள்ளது. வாழ்திறனை, அதாவது முளைக்கும் திறனைப் பாது காத்து வைத்திருப்பதில் வெவ்வேறு விதைகள் மிக வெவ் வேறு அளவிற்கு ஆற்றல் கொண்டிருப்பதைப் பற்றியது இப் பகுதி. சில விதைகள் வருடக் கணக்காக, அல்லது நூற்றாண் டுக் கணக்காக முளைக்கும் திறன் குன்றாமல் இருக்கின்றன. வேறு சில விதைகள் தாய்த் தாவரத்திலிருந்து பிரிக்கப்பட்ட ஒரு சில தினங்களுக்குள்ளாகத் தான் முளைக்க முடியும். அதற்குப் பின்பு அவை விரைவில் இத்திறனை இழந்து விடுகின் றன. உதாரணமாக, காப்பி விதைகள், வில்லோ விதைகள் ஆகியன இத்தகையன. இன்னும் சில விதைகள், போதுமான அளவு காலம் சென்ற பின்புதான் முளைக்கின்றன. கொட் டைப் பழங்களில் பெரும்பாலானவை இவ்வகையைச் சேர்ந் தவை. சற்று தீவிரமாக ஆராய்ந்தால்இச்செயல்களின் உடனடி யான காரணங்கள் நமக்குத் தெரிய வரும். உண்மையில், முளைக்கும் திறனைப் பல ஆண்டுக் கணக்காக விதைகள் பாது காத்து வரும் செயல் வியப்பூட்டுவது ஒன்றுமல்ல. விதையில் போதுமான அளவு தண்ணீர் இல்லாமல் இருந்தால் அல்லது தோல்களாலோ வேறு வகையாகவோ அது சுற்றுப்புறத்தின் விளைவுகளிலிருந்து தனிப்படுத்தப்பட்டு, அதன் காரணமாக இரசாயன மாறுதல்களுக்குரிய ஏதாவதொரு நிபந்தனை நிறைவேற்றப்படாமல் இருந்தால் காலம் விதையை எந்த விதத்தில் பாதிக்க முடியும் (அதாவது செயற்கைச் சேதம் ஏற்படும் வாய்ப்பு அகற்றப்பட்டுவிட்டால்) என்பதை நாம் கற்பனை செய்வதே கடினம். நூறு ஆண்டுகளுக்கும் மேல் தாவரச் சேமிப்பு நிலையத்தில் கிடந்த விதைகள் அப்புறம் எடுத்து விதைத்ததும் நன்றாக முளைத்தன என்பதை நிரூ பிக்கும் சந்தேகத்துக்கு இடமற்ற உண்மைகள் உள்ளன. அடிக்கடி மேற்கோள் காட்டப்படும் மற்றொரு உதாரணம் எகிப்து நாட்டுக் கல்லறைகளில் ஆயிரக்கணக்கான வருடங்கள் இருந்ததாகச் சொல்லப்படும் ''மம்மி கோதுமை'' பற்றியது. ஆனால் இந்த விஷயம் ஆதாரபூர்வமாக நிரூபிக்கப்படவில்லை. மறுபடியும் உயிர்த்தெழும் திறனைப் பல வருடங்களாகப் பாது காத்து வைக்கும் திறன் விதைகளுக்கு மட்டுமே உரித்தான பண்பல்ல. பெரும்பாலான கண்ணுக்குத் தெரியாத கீழ்த் தர விலங்குகளை உலர்ந்த தூள் நிலையில் பல வருடங்கள்

வைத்திருக்க முடியும். தண்ணீரால் நனைக்கப்பட்டதுமே அவை மீண்டும் உயிர்த்தெழுகின்றன. மறு கோடியை, அதாவது விதைகள் சில நாட்களுக்குள்ளேயே முளைக்கும் திறனை ஏனுல் இழக்கின்றன என்பதை விளக்குவது இன்னும் கடினம். விதைகளிலுள்ள ஏதோ ஒரு தனிப்பட்ட உயிராற்றல் படிப்படியாக இழக்கப்படுகிறது என்றுதான் இங்கு விவரங்கள் காட்டுவதாகத் தோன்றுகிறது. இருப்பினும் இதை விளக்கவே முடியாது என்பது கருத்தல்ல, அல்லது இதற்கு இணையான சம்பவங்களைக் கூற முடியாது என்பதும் சரியல்ல. உதாரணமாகக் காப்பி விதைகளில் ஊட்டப் பொருள்கள் பெரும்பாலும் ஸெல்லுலோஸ் வடிவத்தில் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. இதனுல் இவ்விதைகளின் முளைசூழ்தசை கடினமாகவும், திடமாகவும் இருக்கிறது. காலப் போக்கில் இந்த முளைசூழ்தசையின் கரை திறன் பெருமளவிற்கு வேறுபாடடைகிறது போலும். ஏனென்றுல் ஸெல்லுலோஸ் அங்க ஜீவிக்கு வெளியேயும் இம்மாதிரி மாறுதலடைய வல்லது. புதிதாகப் பிரித்தெடுக்கப்பட்ட ஸெல்லுலோஸ், அல்லது ஈரமான ஸெல்லுலோஸ் குறிப்பிட்ட இரசாயனப் பொருளில் எளிதில் கரைகிறது. ஆனுல் இதே ஸெல்லுலோஸ் உலர்த்தப் பட்ட பின்பு அடர்வு மிகுந்த, திடமான, கரையாத பொருளாக மாறுகிறது. ஒரு வேளை, இது போன்ற ஏதோவொரு செயல் காப்பி விதைகளில் நிகழலாம். இதில் புதிய விதைகள் மட்டும்தான் கரையும் நிலைக்கு மாறும் ஸெல்லுலோஸைப் பெற்றிருக்கலாம். முளைப்பதற்குப் பல வருடங்கள் பிடிக்கும் கொட்டைப் பழங்கள் போன்றவற்றின் விதைகள் விஷயத்தில், அவை வெற்றி கொள்ள வேண்டிய யாந்திரீகத் தடைகளே, இவ்வளவு கால தாமதத்திற்கு காரணமாகக் கொள்ளப்படலாம். விதையின் கடினமான ஓட்டைக் கீறிவிடுவதன் மூலமாக முளைத்தலை விரைவுபடுத்த முடியும்.

* * *

விதை முளைத்தலைப் பற்றி நாம் அறிந்தவற்றை எல்லாம் இப்பொழுது சுருக்கிக் கூறுவோம். தாவரத்தின் வாழ்க்கையில் உள்ள இந்தச் சிறப்பான கட்டத்தின் பொதுப் பண்புகளை நாம் இப்பொழுது வரையறுக்க முயற்சி செய்வோம்.

முளைக்கும் காலம் சிறப்பானது. ஏனென்றால் இக்காலத்தில் தாவரத்துக்கு வெளியிலிருந்து உணவு வர வேண்டும் என்ற அவசியமில்லை. அது விதையிலைகளில் அல்லது முளைசூழ் தசையில் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள உணவைக் கொண்டு உயிர் வாழுகிறது. விதை செயல்படத் தொடங்குவதற்கு மூன்று நிபந்தனைகள் தேவை. இவை: தண்ணீர், காற்றில் உள்ள ஆக்ஸிஜன், வெப்பம். தண்ணீர் இரண்டு வழிகளில் செயல் புரிகிறது. ஒரு வழி யாந்திரீகமானது, மற்றொன்று இரசாயனத் தன்மை பொருந்தியது. யாந்திரிகமாக, அது விதையை உப்பச் செய்கிறது, அதன் உறையைக் கிழிக்க உதவுகிறது. விதையைச் சூழ்ந்துள்ள மண் துணுக்குகளின் தடையைத் தவிர்க்கத் தேவையான சக்தியை அது அளிக்கிறது. இரசாயன முறையில் அது முதலில் பல்வேறு நொதிவிப்பிகளைக் கரைக்கிறது. பின்பு சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ள கரையாத பொருள்களை இவற்றின் உதவி கொண்டு கரைக்கிறது. இக்கரைசல் முளைக்கருவிற்குச் செல்லுகிறது. முளைக்கரு இதை வளர்ச்சிக்குப் பயன்படுத்துகிறது. முளைக்கருவில் இப்பொருள்கள் மறுபடியும் கரையாத அல்லது வியாபகம் குறைந்த பொருள்களாக மாற்றப்படுகின்றன.

சுவாசம் என்பது பின்பு குறிப்பிடப்படும் சில விதிவிலக்குகளைத் தவிர ஒவ்வொரு அங்கஜீவிக்கும் எல்லா உயிருள்ள பொருள்களுக்கும் உரிய முக்கியமான வேலை. சுவாசம் முளைக்கும் விதையில் நிகழ்கிறது. முளைக்கும் விதைகளில் நாம் அவதானிக்கும் எடைக் குறைவு, வெப்ப உயர்வு இரண்டிற்கும் காரணத்தைச் சுவாசம் ஏககாலத்தில் விளக்குகிறது. இந்த விதமாக, முளைக்குருத்து பெரியதாக வளர்ந்த பொழுதிலும், அதன் மொத்தப் பொருள் அளவு கூடுவதில்லை. இது மட்டுமல்ல, அது இருக்கிற பொருளைச் செலவழிக்கிறது. விதை முளைக்கும் பொழுது பொருள் மாற்றம்தான் நிகழுகிறதேயொழியத் தன்மயமாதல் நடைபெறுவதில்லை. இதிலிருந்து ஊட்டப் பொருள்கள் தன்மயமாக்கப்படும் நிகழ்ச்சியும், வளர்ச்சியும் எப்போதும் ஒருங்கே நடைபெறுவதில்லை என்ற முடிவுக்கு நாம் வருகிறோம். எனவே முளைத்தல் காலத்திற்குரிய பண்பைச் சுருக்கமாக வருணிக்க

கொண்டுமானால் அது தன்மயமாதல் இல்லாத வளர்ச்சிக் காலம் என்று கூறலாம்.

தாவர வாழ்க்கையில் உள்ள இந்தக் காலகட்டத்தை மனித வாழ்க்கையில் கல்வி பயிலும் கட்டத்துடனும், வளரும் கட்டத்துடனும் ஓரளவுக்கு ஒப்பிடலாம். மனிதனும் தாவரமும் வளர்ச்சிக் கட்டகாலத்தில், தனித்துச் செயலாற்ற முடியாது, உற்பத்தி பூர்வமான செயல்களைச் செய்ய முடியாது. அவர்கள் முந்திய தலைமுறையால் பொறுப்புடன் திரட்டி வைக்கப்பட்ட சேமிப்புப் பொருள்களைச் செலவிட்டு வாழ்கின்றனர். ஆனால் இந்த ஒப்புமையில் மனிதன் தாவரத்தை விட மேல் என்று கூற முடியாது. மாறாக, இவ்விஷயத்தில் தாவரங்கள் மனிதன் பின்பற்ற வேண்டிய முன்மாதிரியாக விளங்குகின்றன. ஒரு புறம் தாய்த் தாவரங்கள் போதுமான அளவு சொத்துச் சேர்த்த பிறகு, தங்கள் குழந்தைகளுக்குச் சோம்பேறித்தனமான, கவலையற்ற வாழ்க்கையை அளிக்க விரும்புவதில்லை. அவற்றின் வளர்ச்சிக்கும் நல்வாழ்வுக்கும் இன்றியமையாது தேவைப்படுவதை மட்டும்தான் அவை கொடுக்கின்றன. மறுபுறம் அவற்றின் குழந்தைகள் பரம்பரைச் சொத்தை வீணாக்குவதில்லை. சரியான வளர்ச்சிக்கும், வரப்போகும் முதல் வாழ்க்கைப் போராட்டத்துக்கு அவசியமான சக்தியை உற்பத்தி செய்வதற்கும் பயன்படுத்துகின்றன.

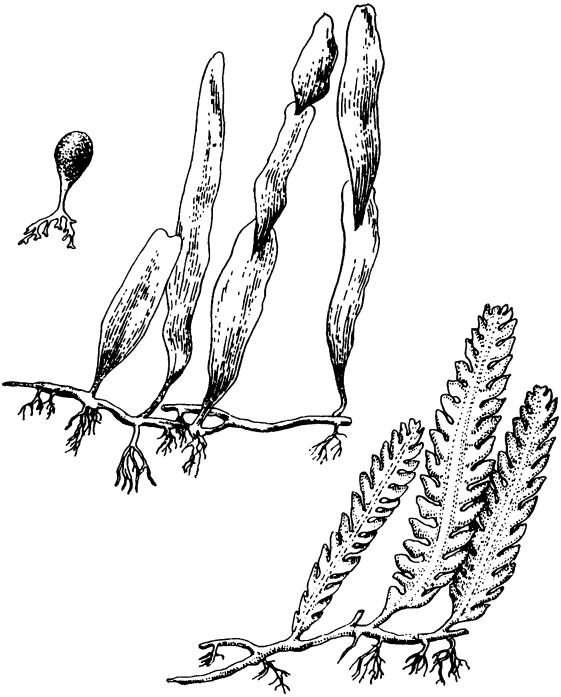
இக்கட்டத்தின் முடிவில் தாவரத்தில் முழுவதும் உருவாக்கப்பட்டுச் செயல்புரிய ஆயத்தமான உறுப்புக்கள் தோன்றிவிடுகின்றன. சில தாவரங்கள் தாய்த் தாவரத்திலிருந்து பிரியாமலேயே முளைத்தல் காலம் முழுவதையும் கழிக்கின்றன என்பது பெரிதும் அக்கறைக்கு உரியது. இவற்றில் ஒன்று மாங்கிரோவ் (*Rhizophora Mangle*) என்பது. இம்மரம் உஷ்ண மண்டலக் கடற்கரைகளில், ஏற்றக் காலங்களில் அலைகளால் மூடப்படும் சிறு சிறு நிலப் பரப்புகளில் வளர்கிறது. இதன் விதைகள் பழத்தினுள்ளேயே முளைக்கின்றன. இது தாய்த் தாவரத்தில் இருக்கும் பொழுதே இதிலிருந்து நீண்ட, கனமான, கூர்மையான முனையுள்ள வேர்கள் உருவாகின்றன. குறிப்பிட்ட அளவு வளர்ந்த பின்பு இது தாய்த் தாவரத்திலிருந்து கீழே செங்குத்தாக விழுந்து வேர்களைச்

சேறு நிறைந்த மண்ணில் பாய்ச்சி, எவ்வித இடையீடுமின்றி வாழ்க்கையைத் தொடர்கிறது.[1]

விதை முளைத்தலின் இறுதிக் கட்டத்தில் உடலியலுக்கு ஏற்ற வேலைப் பாகுபாடு தாவரத்தில் தென்படுகிறது. பொதுவான உடலியல் கண்ணோட்டத்தின்படி, தாவரத்தில் இக்கட்டத்தில் ஏறத்தாழ நன்கு வளர்ந்த இரண்டு மேற்பரப்புக்கள்—வேரின் மேற்பரப்பும் இலையின் மேற்பரப்பும்—தோன்றுகின்றன. இவை தம்தமக்கு உரிய சூழ்நிலைகளுக்குத் தகவமைப்பு பெற்றவை. இந்த இரண்டு மேற்பரப்புக்களும் இடைப்பட்ட உறுப்பான தண்டின் மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இதுதான் தாவரத்தின் பொதுவான உடலியல் திட்டம். இத்திட்டம் தாவர வாழ்க்கையின் ஆரம்பக் கட்டத்திலேயே, தாவர உறுப்பமைப்பு மிகக் கீழான நிலையில் இருக்கும்பொழுதே தோன்றிவிடுகிறது. உதாரணமாக ஒற்றை உயிரணுக்கள் உள்ள நீர்ப்பூண்டுகள் இருக்கின்றன. ஆனால் இவற்றில் இலை, வேர், தண்டு போன்ற பகுதிகள் உள்ளன. சாதாரணமாக நீர் வளம் மிகுந்த சமவெளிகளில் காணப்படும் நீர்ப்பூண்டு(*Botrydium*)ஒன்றுள்ளது. இதில் பச்சை நிறமான உருண்டையான தலை ஒன்றும், நிறமற்ற கிளை விடும் அடிப்பகுதி—வேர் போன்றது—ஒன்றும் இருக்கின்றன (படம் 24 இடது பக்கம்). இந்த அடிப் பகுதியால் இது தரையுடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. இது சாதாரணக் குமிழ். ஆனால் இதில் நாம் உடலியல் அடிப்படையில் பிரிக்கப்பட்டுள்ள இரண்டு வெவ்வேறு பகுதிகளைக் காண்கிறோம். மற்றொரு வியக்கத்தக்க உதாரணம் மித சீதோஷ்ண நாடுகளின் கடல்களில் காணப்படும் பூண்டு (படம் 24). நேப்பிள்ஸ் வளைகுடாவில் உள்ள புத்ஸுவோலியில் கண்டெடுக்கப்பட்ட இந்தக் கடல் பூண்டின் (*Caulerpa*) மாதிரி ஒன்று காகிதத்தின் மீது வைத்துச் சுருக்கங்கள் பிரிக்கப்பட்டதும், உள்ளங்கையளவு அகல இடத்தை வியாபித்துக் கொண்டது. சில சமயங்களில் இதை விடப் பெரிய மாதிரிகளும் கிடைப்பது உண்டு. இந்த ராட்சத உயிரணு, உறுப்புயிர் உலகில் உள்ள உயிரணுக்களிலெல்லாம் பெரிது. பச்சை இலைகளையும் தண்டு

[1] அட்டவணை 1 பார்க்கவும், படம் 1 பக்கம் 345.

களையும் நிறமற்ற வேர்களையும் ஆச்சரியகரமாக ஒத்திருக்கும் அகன்ற பகுதிகள் இதில் காணப்படுகின்றன. தண்டு மணலின் அடிப்பகுதியில் பரவுகிறது. அதிலிருந்து இலை போன்ற



படம் 24

அலகுகள் செங்குத்தாக வளர்கின்றன. வேர்கள் அடிவண்டலில் புதையுண்டு இருக்கின்றன. இருப்பினும் இப்பூண்டு முழுவதும் ஒரே உயிரணுதான். இதில் தொடர்ச்சியான உட்குழி உள்ளது.[1]

---

[1] படம் 24ல் கௌலெர்ப்பாவின் இரண்டு வகைச் செடிகள் காட்டப்பட்டுள்ளன. மேலே உள்ளது சாதாரண *Caulerpa prolifera*. இது மத்திய தரைக் கடலில் காணப்படுகிறது.

வேர், இலை, தண்டு போன்ற வெவ்வேறு தன்மையுள்ள உறுப்புக்கள் முற்றிலும் வெவ்வேறு வேலைகளைச் செய்ய வேண்டும் என்பது தெளிவு. ஆகையினால் நாம் தாவரத்தை மேற்கொண்டு ஆராய்கையில் இவ்வுறுப்புக்களின் வாழ்க்கையைத் தனித் தனியாக ஆய்ந்தறிய வேண்டும்.

இன்னும் ஒரு கேள்விக்கு விடை காண வேண்டியிருக்கிறது: விதை முளைக்கும் காலம் எப்பொழுது முடிவடைகிறது, தாவரத்தின் சுதந்திரமான வாழ்க்கை எதிலிருந்து தொடங்குகிறது? உண்மையில், சேமித்து வைக்கப்பட்ட உணவுப் பொருள்கள் தீர்ந்ததும் முளைக்கும் காலம் முடிவுறுகிறது. இலையின் வேலைகள் துவங்கியவுடன் தாவரத்தின் சுதந்திரமான வாழ்க்கையும் ஆரம்பித்து விடுகிறது. ஆனால் இது நடைபெற இலைகளில் வெளிச்சம் பட வேண்டும். வெளிச்சம் இல்லாமல் இருந்தால் அவை பச்சை நிறம் பெறாமல், மஞ்சள் நிறமாக இருக்கும், பலவீனமாகவும் இருக்கும். இந்த விதமாக விதை முளைக்கும் காலத்தில் உள்ள இன்னுமொரு சிறப்பான பண்பை நாம் இங்கு காண்கிறோம்: இக்காலத்தில் தாவரம் ஒளியைச் சார்ந்துஇருக்கவில்லை. இதற்கு இப்பொழுது ஒளி தேவையில்லை. இதனால் இக்காலத்தை நல்ல இருட்டில் கூட மண்ணிற்கு அடியில் கழிக்க விதைகளால் முடியும். சூரியனின் முதல் கதிர்கள் பச்சை இலையின் மீது விழத் தொடங்கியவுடன் தாவரத்தின் சுதந்திரமான வாழ்க்கை தொடங்கி விடுகிறது. இப்பொழுது அது தனக்குள் சேமிக்கப் பட்டுள்ள உணவை அல்ல, சுற்றுப்புறத்தில் உள்ள அனங்ககக் கூட்டுக்களைப் பயன்படுத்திப் புதிய உறுப்புக்களை வளர்க்கிறது. எடை இழப்பு குறையத் தொடங்கி, முடிவில் எடை அதிகரிப்பாக மாறுகிறது. பொருள்களைத் தன்மயமாக்குதல் தொடங்கிவிடுகிறது.

IV

வேர்

வேரின் வேலை. மண்ணின் அமைப்பு. அவசியமான ஊட்டப் பொருள்களை வரையறுக்கும் முறை. செயற்கைப் பயிர்கள். அங்ககப் பொருள்கள் இல்லாத பயிர்கள். நீர்ப் பயிர்கள். நைட்ரஜன், பொட்டாசியம், இரும்பு, ஸிலிக்கன் போன்றவற்றின் முக்கியத்துவம். வேர் உட்கொள்ளும் தேவையான ஊட்டப் பொருள்கள். உடனடி உபயோகத்திற்கும், சேமித்து வைப்பதற்கும் மண்ணில் உள்ள ஊட்டப் பொருள்கள். மண்ணின் உட்கொள் திறன். மண்ணில் வெடியுப்பின் முக்கியத்துவம். முதிரைத் தாவரங்கள் நைட்ரஜனைத் தன்மயமாக்குதல். ஊட்டப் பொருள்கள் மண்ணில் இருக்கும் வடிவம்.

வேரின் கட்டமைப்பு. அதன் குறிப்பிடத்தக்க நீட்டமும், இத்தன்மையின் நோக்கமும். வேரும் திட, திரவப் பொருள்களும். வேர் ஊட்டப் பொருள்களை உறிஞ்சுவதற்கான பொது இயந்திர அமைப்பு.

தாவர வாழ்க்கையில் உள்ள மிக முக்கியமான பண்பு எடைக் கூடுதலாகும். விதை முளைக்கும் காலத்தில் இப்பண்பு தாவரத்தில் காணப்படுவதில்லை என்பதைச் சென்ற விரிவுரையின் முடிவில் கண்டோம். நேர்மாறாக, பரிணமத்தில் கண்கூடான அதிகரிப்பு ஏற்பட்ட போதிலும், சுவாசிக்கும் பொழுது அதன் பொருள்களில் ஒரு பகுதி எரிந்து விடுவதனால் அதன் எடை இடைவிடாமல் குறைந்துகொண்டு போகிறது.

உறுப்புக்கள் தனிப்பட்டுத் தங்கள் இயல்பான வேலைகளைச் செய்யத் தொடங்கும்போதுதான், வேர் மண்ணுக்குள் ஆழ்ந்து, இலைகளுள்ள தண்டு ஒளியை நோக்கிக் காற்றில் நிமிர்கையில்தான், இந்தச் சமயம் முதல்தான் தாவரத்தின் முழுமையான சுதந்திர வாழ்க்கை வெளிச் சூழ்நிலையிலிருந்து பொருளை உண்மையில் தன்மயமாக்கிக் கொள்வதன் வாயிலாக வெளிப்படுகிறது.

இவ்வாறு தன்மயமாக்கப்படும் பொருள்கள் எப்படிப் பட்டவை என்பது ஏற்கனவே நமக்குத் தெரியும். இவை முன்பே கூறப்பட்ட பன்னிரண்டு மூலகங்கள் ஆகும். இப்பொழுது நாம் வேறொரு கேள்விக்கு விடை காண வேண்டியிருக்கிறது. இந்தப் பல்வேறு பொருள்களைச் சூழ்நிலையில் எந்தப் பகுதியிலிருந்து தாவரம் பெறுகிறது? மண்ணிலிருந்தா, தண்ணீரிலிருந்தா, அல்லது காற்றிலிருந்தா? இப் பொருள்கள் தாவரத்தினுள் எந்த வழியில் நுழைகின்றன? இதற்கு விடை தெரிந்துகொள்வதன் மூலமே நாம் பின்வரும் வினவுக்கும் விடை கண்டுகொள்வோம்: வேர் அல்லது இலை ஆகிய இரு உறுப்புக்களில் எது தாவரத்தின் ஊட்ட உறுப்பாகக் கருதப்பட வேண்டும் அல்லது இவை இரண்டுமே தன்தனக்குரிய வழிகளில் இந்த நோக்கத்திற்காகப் பயன் படும் உறுப்புக்களாக விளங்குகின்றனவா?

நாம் வேரிலிருந்து தொடங்குவோம். ஏனென்றால் இதில் பிரச்சினை எளிதாக இருக்கிறது. தாவரங்களுக்கு உணவளிக்கும் வேலையை வேர் செய்கிறது. இது பற்றி யாருக்குமே ஐயமில்லை. குறைந்த பட்சம் ஊட்டப்பொருள்களில் ஒரு பகுதி வேரின் வழியாக அன்றி வேறு எவ்வகையிலும் தாவரத்திற்குள் புக முடியாது என்பதை நிரூபிப்பது எளிது. உதாரணமாக, சாம்பலில் உள்ள பொருள்கள், சகஜமான சூழ்நிலையில், வாயு நிலையில் இருக்க முடியாது. இதனால்தான், முற்றும் எரிந்த பின்பு இவை சாம்பலிலேயே இருக்கின்றன. இவை மற்றத் தாவரப் பொருள்களுடன் சேர்ந்து ஆவியாவதில்லை. இதிலிருந்து, சாம்பலில் காணப்படும் பொருள்களை எல்லாம் மண்ணில் தான் நாம் தேடிப்பார்க்க வேண்டும். எனவே இவ்விதமான பொருள்கள் வேரின் மூலமாகத் தாவரத்தினுள் நுழைகின்றன என்று நாம் முடிவு கட்டுகிறோம்.

வேறு பல மூலகங்கள் மண்ணிலும் இருக்கலாம், காற்றிலும் இருக்கலாம். இவற்றைப் பற்றி நாம் தற்போது நிச்சயமாக ஒன்றும் சொல்ல முடியாத நிலையில் இருக்கிறோம். பரிசோதனை ஒன்றிலிருந்து திட்டவட்டமான ஆதாரம் கிடைக்கும் வரை இவை மண்ணிலிருந்து கிடைக்கின்றனவா அல்லது காற்றிலிருந்து கிடைக்கின்றனவா என்று நாம் தெளிவாகக் கூற முடியாது. மேலும் இந்த ஆதாரம் கிடைக்கும் வரை, இவை வேரின் மூலமாகத் தாவரத்தினுள் செல்லுகின்றனவா அல்லது இலையின் மூலமாகவா என்றும் கூற முடியாது.

நாம் முதலில் வேரைப் பற்றித் தெரிந்துகொள்வோம். அது மண்ணிலிருந்து எதை உட்கொள்கிறது, எப்படி உட்கொள்கிறது, அது ஏன் தாவரத்துக்கு அத்தியாவசியமானவற்றை மட்டும் உறிஞ்சுகிறது? இவற்றைப் பற்றி அறிந்து கொள்வோம்.

ஆனால் வேரையும் அதன் வேலையையும் பற்றி ஆராய நாம் முற்படுமுன் அது செயலாற்றும் சூழ்நிலையைப் பற்றித் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும். மண்ணைப் பற்றியும், அதன் அமைப்புப் பற்றியும் சுருக்கமாகத் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும்.

செடிகொடிகள் வளரும் ஒவ்வொரு வகை மண்ணிலும் இரண்டு பிரிவு பகுதிப் பொருள்கள் அடங்கியுள்ளன. இவ்விரு பிரிவுகளுக்கிடையே தெளிவான வேறுபாடு உண்டு. இப்பிரிவுகளில் ஒன்று எரியும் தன்மையுள்ள பொருள்களைக் கொண்டுள்ளது. மற்றொன்று எரியாத் தன்மையுள்ள பொருள்களைக் கொண்டுள்ளது. அல்லது இவற்றில் அங்கக, அனங்ககப் பொருள்கள் அடங்கியுள்ளன. அங்ககப் பிரிவு அழுகும் தாவரங்களின் மிச்சப் பொருளாகும். இது மண்ணிற்குக் கருமை நிறம் கொடுக்கிறது. இக்கரு நிறப் பொருள் மண் மிக அதிக அளவுக்கு உஷ்ணப்படுத்தப்படும் பொழுது எரிந்து விடுகிறது. இக்கரு நிறப் பொருளுக்கு மட்கு என்று பெயர். மிகவும் கறுப்பான மண்களில்கூடக் குறைந்த அளவு தான் மட்கு உள்ளது. சுமாராக 10% அவற்றில் இதைக் காணலாம். முழுக்க முழுக்க உஷ்ணப்படுத்தப்பட்ட மண்ணிலிருந்து மக்கிக் கொண்டிருக்கும் அங்ககப் பொருள்கள் அகற்றப்

படுகின்றன. இப்படிப்பட்ட மண் கறுப்பாக இருப்பதில்லை. ஆனால் இப்படிப்பட்ட மண் மஞ்சளாகவோ சிவப்பாகவோ தோன்றுகிறது. உஷ்ணப்படுத்தப்பட்ட பின்பு மண்ணில் மிஞ்சுவது தாதுப் பொருளின் பகுதி. இதுதான் இப்பொழுதுள்ள மண்ணின் முக்கியமான பகுதி. இதை அவற்றிலுள்ள பொருள்களின் கரை திறன் அடிப்படையில் மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம்: இவற்றில் மிகச் சிறு பகுதி தண்ணீரில் கரைகிறது. இரண்டாவது சற்று கூடுதலான பகுதி தண்ணீரில் கரைவதில்லை, ஆனால் அமிலங்களில் கரைகிறது. மிகவும் அதிகமான பகுதியான மூன்றாவது பகுதி நீரிலோ அமிலத்திலோ கரைவதில்லை. கரையும் தன்மையின் இந்த மூன்று அளவைகள், இந்தப் பொருள்கள் தாவரத்துக்குக் கிடைக்கக்கூடிய மூன்று அளவைகளைச் சுமாராக ஒத்திருக்கின்றன. தண்ணீரில் கரையும் முதல் பகுதியின் பொருள்கள் தாவரத்திற்கு தாராளமாகக் கிடைக்கின்றன. இரண்டாவது பகுதியின் பொருள்கள் அவ்வளவு தாராளமாகக் கிடைப்பதில்லை. மூன்றாவது பகுதியின் பொருள்களோ, கிடைப்பதே இல்லை. காலப் போக்கில் இவை முதலிரண்டு பகுதிகளின் பொருள்களாக மாற்றப்பட்டால் தாவரத்திற்குக் கிடைக்கலாம்.

இவ்விதமாக, ஒவ்வொரு கட்டத்திலும், மண்ணின் தாதுப் பொருளில் கீழ்க்கண்டவற்றைக் காண்கிறோம். முதலில் தற்பொழுது பயன்படாத, ஆனால் வருங்காலத்தில் உபயோகமாகவிருக்கும் உணவுப் பொருள்கள் உள்ளன. இது அடிப்படையாக விளங்குகிறது. இரண்டாவதாக, தாவரங்கள் ஒப்பு நோக்கில் எளிதாகப் பெறும் உணவுப் பொருட் பகுதி உள்ளது. மூன்றாவதாக, தாவரங்களுக்கு உடனடியாகப் பயன்படும் மிகச் சிறு அளவு பொருள்கள் உள்ளன. இந்த உண்மையை நாம் எளிதாக நிரூபிக்க முடியும். மிகவும் செழிப்பான மண்ணை எடுத்து அதிகமாக உஷ்ணப்படுத்த வேண்டும். அத்துடன் அமிலத்தைச் சேர்க்க வேண்டும். இதன் முடிவில் வெண்மையான பொருள் மிஞ்சும். இது உபயோகமற்றதாகவிருக்கும்.

ஆகவே, மண்ணின் பெரும் பகுதி தாவரங்களை நிலையாக வைத்திருக்க உதவும் அடிப்படையாக மட்டும்தான்

பயன்படுகிறது, தாவரங்களுக்கு உணவளிப்பதில் நேரடி யான பங்கு பெறுவதில்லை என்று மேற்கூறியவற்றிலிருந்து நாம் கருதலாம். தாவரத்துக்குத் தேவையான உணவு மண்ணின் எஞ்சிய பகுதியான மட்கிலிருந்தும், அமிலத் திலும் தண்ணீரிலும் கரையும் பகுதியிலிருந்தும் கிடைக் கிறது. தாவரத்தின் உடலில் காணப்படும் பன்னிரண்டு மூல கங்கள் இப்பகுதிகளில் எப்படிப் பரவியிருக்கின்றன என்று காண்போம். அங்ககப் பகுதியான மட்கில் நான்கு மூலகங் கள் உள்ளன. அவையாவன: கார்பன், ஹைட்ரஜன், நைட் ரஜன், ஆக்ஸிஜன். நீரிலும், அமிலத்திலும் கரையும் பொருள் கள் உப்புக்களால் ஆனவை. இந்த உப்புக்களில் சாம்பலில் காணப்படும் எல்லா மூலகங்களும், இவை தவிர **நைட்ரஜன்** அடங்கியுள்ள இரு கூட்டுப் பொருள்களும் உள்ளன. இந்தக் கூட்டுப் பொருள்களில் ஒன்று வெடியுப்பு, இது நைட்ரிக அமிலத்தின் உப்பு; மற்றொன்று அம்மோனியா. இது நைட் ரஜன், ஹைட்ரஜன் ஆகியவற்றின் கூட்டுப் பொருள். எனவே அங்ககப் பொருள்களின் நான்கு மூலகங்கள், சாம்பலில் உள்ள மூலகங்கள், நைட்ரஜனின் இரண்டு கூட்டுப் பொருள் களான நைட்ரிக அமிலம், அம்மோனியா ஆகியவை. இவை தாவரத்தின் வேருக்குச் **சாத்தியமான** உணவு மூலங்கள் என்று மண்ணின் பகுப்பாய்வு சுட்டுகிறது. **சாத்தியமான** இந்த மூலங்களில் எவை **உண்மையில் அத்தியாவசியமான வை** என நாம் காண்போம். இதைக் கண்டுபிடிக்க நாம் தாவரத்தினிடமே கேள்வி கேட்க வேண்டும். நமது வினாக் களுக்கு அது விடை தரும்படியான சூழ்நிலையில் அதை வைக்க வேண்டும்.

தாவரத்தின் ஊட்டத்துக்கு உண்மையில் தேவையான பொருள்கள் எவை என்று இவ்வாறு அன்றி, வேறு எந்த வழியில்தான், நாம் கண்டுபிடிக்க முடியும்? தாவரத்தை நன்கு பகுத்தாராய்ந்து அதில் உள்ள மூலகங்கள் எவை என்று கண்டுபிடித்து, இவைதாம் அவசியமான மூலகங்கள் என்று கூறுவது போதுமானது என முதல் பார்வைக்குத் தோன்றும். ஆனால் இந்த விதமான முடிவு சரிதானா என்ற ஐயம் உடனே எழுகிறது. தாவரத்தில் காணப்படும் பொருள் களில் பல வேண்டாத ஆடம்பரங்களாக இருக்கலாம். அவை

தாவரத்தில் காணப்படுவது தற்செயலாகவும் பயனற்றதாகவும் இருக்கலாம். தாவரத்தின் சுற்றுச்சார்பில் இருந்த ஒரே காரணத்தால் அவை அதற்குள் புகுந்திருக்கலாம். எந்தப் பொருள்கள் இல்லாமல் இருந்தால் தாவரத்தின் வாழ்க்கையும் வளர்ச்சியும் நடக்க முடியாதோ அவற்றைத்தான் நாம் **அவசியமான** பொருள்கள் என ஒப்புக்கொள்ள முடியும். மண்ணின் கரையாத தாதுப் பொருள் அடிப்படையின் பயனற்ற தன்மையை நிரூபிப்பதற்குச் செய்தது போன்ற ஒரு சோதனை வாயிலாகவே இதை உறுதிப்படுத்துவது நமக்கு இயலும். இந்தப் பரிசோதனைக்குரிய முக்கியமான நிபந்தனைகள் வருமாறு: ஒரு தாவரத்துக்கு, அந்தத் தாவரத்திலேயோ அல்லது அது நன்கு வளரும் மண்ணிலோ செய்த பகுப்பாய்வின் மூலம் கண்டறியப்பட்ட **எல்லாப்** பொருள்களையும் கொடுக்கிறோம். அதன் பக்கத்தில் உள்ள அதே போன்ற மற்றொரு தாவரத்துக்கு **அதே பொருள்களை ஒன்று மட்டும் நீங்கலாகக்** கொடுக்கிறோம். இப்பொழுது இதன் விளைவுகளை அவதானிக்கிறோம். இவ்விரு தாவரங்களின் பொதுவான வளர்ச்சியில் எவ்வித மாறுபாடுகளையும் நாம் காணாவிட்டால், நீக்கப்பட்ட பொருள் தாவரத்தின் ஊட்டத்துக்கு அவசியமானது அல்ல என்ற முடிவுக்கு வரலாம். இதே சூழ்நிலைகளில், இரண்டாவது பரிசோதனையில் பலம் குன்றிய தாவரம் நமக்குக் கிடைத்தால், இந்த வேறுபாட்டிற்குக் காரணம், சூழ்நிலையில் ஏற்பட்ட வேறுபாடுதான், அதாவது புதிய சூழ்நிலையில் நீக்கப்பட்ட பொருள்தான் என நாம் கூறலாம். தொகுப்பு வழித் தர்க்கவியலின் இரண்டாவது அடிப்படை விதியைக் கண்டிப்பாக, ஒத்தியைந்த முறையில் கையாள்வதற்கான சிறந்த, எளிய உதாரணங்களைத் தாவர உடலியலின் இந்த அத்தியாயம் நமக்கு அளிக்கிறது. அவ்விதி வருமாறு:

''ஆராய்ச்சிக்குரிய நிகழ்ச்சி நடைபெறும் சந்தர்ப்பமும் அது நடைபெறாத சந்தர்ப்பமும் ஒன்று நீங்கலாக எல்லா நிலைமைகளிலும் ஒத்திருந்து, இந்த ஒரு நிலைமை முதல் சந்தர்ப்பத்தில் காணப்பட்டால், இவ்விரு சந்தர்ப்பங்களும் எந்த ஒரு நிலைமையில் மட்டும் வேறுபடுகின்றனவோ அந்த நிலைமையே குறித்த நிகழ்ச்சிக்குக்

காரணம் அல்லது காரணத்தின் அத்தியாவசியப் பகுதி ஆகும்.''[1]

இந்த விதமாக மண்ணிலிருந்தும், தாவரத்திலிருந்தும் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பொருள்களை, ஒன்றன் பின் ஒன்முக நீக்கி, அவற்றில் எவை தாவரத்தின் அத்தியாவசியமான உணவு என்று நாம் கண்டுபிடிக்கலாம். இந்தப் பரிசோதனைகளின் முக்கியமான முடிவுகள் என்ன என்று காண்போம்.

முதன்முதலில் நமது கவனத்தைக் கவருவது அழுகிய பொருள்களின் மிச்சமான, அங்ககப் பொருள்களாகும். கரு நிறமான மண் வெளிறிய மண்ணை விட வளம் மிகுந்தது என்பதை நடைமுறை அனுபவம் எடுத்துக் காட்டுகிறது, எனவே கரு நிற மட்கு தாவரத்தின் முக்கிய உணவாக அமைகிறது எனத் தோன்றலாம். ஆனல் சரியான பரிசோதனை முற்றிலும் வேறு விதமான விவரத்தை வெளிப்படுத்துகிறது. மண்கட்டி ஒன்றை மிகவும் அதிகமாக உஷ்ணப்படுத்தி அதில் அங்ககப் பொருள்கள் முழுவதையும் நீக்கி விட்டாலும் கூட, அதில் தாவரம் சகஜமாக வளர்வதற்குத் தேவையான மண் இருக்கிறது. இது போன்ற **வெள்ளை** மண்ணிலிருந்து, மற்ற நல்ல மண்ணில் வளரும் தாவரத்திலிருந்து வேறுபடுத்திக் காண முடியாத தாவரத்தை நாம் வளர்க்கலாம். ஆகையினல் மட்கிலிருந்து தாவரம் உணவைப் பெறுவதில்லை. அது இல்லாமலேயே தாவரம் வளர முடியும். மண்ணில் உள்ள தாதுப் பொருளின் பெரும் பகுதி, கரையாத அடிப்படை என்று நாம் குறிப்பிட்டுள்ள பகுதி, உணவாகப் பயன்படுவதில்லை என நாம் கண்டோம். எனவே தாவரத்தின் உணவாகக் கருதக் கூடிய பகுதி மிகக் குறைவானதாகி விடுகிறது. இப்பகுதி அமிலத்திலும், தண்ணீரிலும் கரையும் பொருள்களைக் குறிக்கிறது.

உணவுப் பொருள்கள்மட்டுமே அடங்கியுள்ள செயற்கை மண்ணில் தாவரத்தை வளர்ப்பது பயனற்ற முயற்சியாகும். உதாரணமாக தாவரத்தை எரித்த சாம்பலில் வளர்ப்பது பயனற்றது. இது போன்ற மண்கள் தாவர வளர்ப்

---

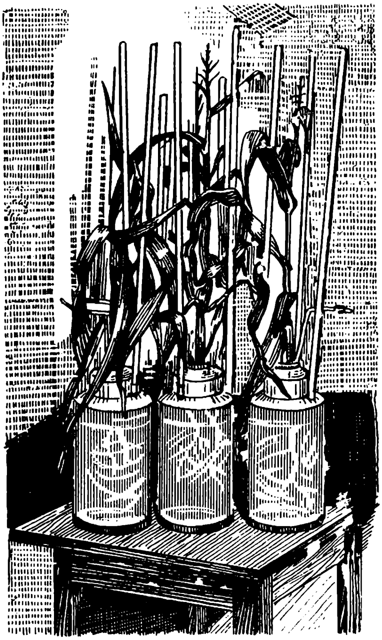
[1] ஜே. எஸ். மில், ''தொகுப்பு வழித் தர்க்க முறை'' முதலியன, பக்கம் 256.

பிற்கு உபயோகமற்றவை. இதில் உணவுப் பொருள்கள் செறிவு மிகவும் அதிகமான வடிவில் உள்ளன. இதன் காரண மாகத் தாவரம் அழிந்து விடும். உணவு முறைக்காக, இப் பொருள்கள் மண்ணிலுள்ள கரையாத கனியப் பொருள்கள் போன்ற செயலற்ற பொருள்களுடன் கலந்து செறிவு குறைந்த தன்மையை அடைய வேண்டும். இக்கனியப் பொருள்களின் முக்கியத்துவம் இதுதான் என்றால்இவற்றிற்குப் பதிலாக நாம் வேறு பல எளிய அமைப்புள்ள பொருள்களை மண்ணில் கலக்கலாம். மணல், தூள் செய்யப்பட்ட புமிஸ் கற்கள், கண்ணாடி உருண்டைகள் போன்ற பொருள்களைக் கொண்டு செயற்கை மண்ணை நாம் உற்பத்தி செய்ய முடியும். இத்துடன் தேவையான உணவுப் பொருள்களைச் சேர்த்து நாம் நல்ல பலன்களைப் பெற முடியும்.

செயற்கைப் பயிர்களை மிகவும் சுலபமான முறையில் செய்யும் வழியை நாம் அணுகுகிறோம். தற்பொழுது கூறப் பட்ட செயற்கை மண், இயற்கை மண் ஆகியவை உணவுப் பொருள்களை சம அளவில் பரப்புவதற்கோ அல்லது செறிவு குறையச் செய்வதற்கோ பயன்படுமானால், ஏன் தாவரத்துக் குத் தேவையான எல்லா விதமான உணவுப் பொருள்களும் கரைக்கப்பட்டுள்ள வடிவாலை நீரைப் பயன்படுத்தக் கூடாது? இது பற்றி வருடக்கணக்காகப் பரிசோதனைகள் செய்யப் பட்டு வந்தன. இவற்றில் பல தோல்வியுற்றன ஆயினும் முடிவில் முழு வெற்றி கிடைத்தது. தற்காலத்தில் சில எச்சரிக்கைகளுடன் மண்ணிற்குப் பதிலாக முழுவதுமாக ஒளி ஊடுருவக் கூடிய சூழலை நாம் பயன்படுத்திப் பல தரப்பட்ட தாவரங்களை நீர்க் கரைசலில் வளர்க்கலாம். இதில் தாவரங் களை சகஜமான செழிப்பான பூமியில் எவ்வளவு பெரிதாக வளர்க்க முடியுமோ, அவ்வளவு பெரிதாக வளர்க்க முடியும்.

இந்த முறையைக் கையாளுவதற்காக மூன்று அல்லது நான்கு பவுண்டுகள் வடிவாலை நீர் உள்ள ஒரு கண்ணாடி ஜாடியை (படம் 25) எடுத்துக்கொள்கிறோம். அதில் பல்வேறு உப்புக்கள் கலந்த கலவையின் ஆறு அல்லது ஏழு நுண்மணிகளைக் கரைக்கிறோம். இக்கரைசலில் உள்ள உப்புக்களின் அளவு ஆயிரம் பகுதிகளில் இரு பகுதிகளுக்கு மிகாமல் இருக்க வேண்டும். இல்லாவிட்டால் கரைசலின்

...ர்வு அதிகமாகி விடும். வளரும் தாவரம் ஒன்றை இந்த ஜாடியின் மூடி மீது, அதன் வேர்கள் மட்டும் திரவத்தினுள் மூழ்கியிருக்கும் படியாக, நாம் வைக்க வேண்டும். இவ்வாறு இருந்தால் தான் தாவரத்தின் தண்டுப் பகுதியின் வளர்ச்சியையும் வேரின் வளர்ச்சியையும் நாம் ஆராய முடியும். திரவம் ஒளி ஊடுருவும் தன்மை உள்ளது. ஆகையினல் வேர் நன்ருகத் தெரியும்.



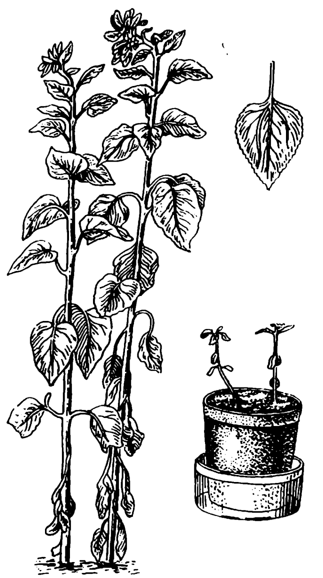
படம் 25

1896ம் ஆண்டில் நீஷ்னிய் நோவ்கரத் பொருட்காட்சியில் செய்யப்பட்ட இப்பரிசோதனையின் முடிவைப் பின்னல் தரப்பட்டுள்ள படங்கள் (28, 29, 32) காட்டுகின்றன. இவற்றிற்கு நான் அதிக முக்கியத்துவம் கொடுக்கிறேன், ஏனென்ருல் இத்தனை கூட்டங்களும் இத்தனை விரிவான விவரங்களும் கொண்ட இம்மாதிரிப் பரிசோதனைகள் பதினுயிரக் கணக்கான பார்வையாளர்களுக்கு முன்னல் இங்கு போல எப்போதாவது நிகழ்த்தப்பட்டிருக்குமா என்பது சந்தேகம் தான். ஒரு விஷயத்தை நான் மனநிறைவுடன் நினைவுகூர்கிறேன்: நீஷ்னிய் நோவ்கரதைச் சேர்ந்த சந்தேகம் பிடித்த மனிதர் ஒருவர், பரிசோதனை செய்தவர்கள் வெற்று வேட்டுக்காரர்கள் என நிரூபிக்க, எங்களது நீர்ப்பயிர்களைத் தினசரி கவனித்து வந்தார். ஆனல் முடிவில் அவருக்கு இதில் ஆர்வம் ஏற்பட்டது. அவர் இவற்றில் நம்பிக்கை கொண்டார்.

இப்பொழுது நமது பிரச்சினை இதுதான். தாவரத்தைச் சூழ்ந்துள்ள பெருந்திரளான கறுப்பு மண்ணிலிருந்து இந்த மிகச் சிறு அளவு உப்புதான் எந்தக் குறித்த நேரத்திலும்



படம் 26



படம் 27

தாவரத்தின் ஊட்டத்திற்கு அவசியமாக உள்ளது. எனவே, இந்த உப்புக்களின் இரசாயன அமைப்பில் பங்கு பெறும் மூலகங்களில் எவை முக்கியமானவை என்று தற்பொழுது காண்போம். இதற்காக வெண்மையான கரம்பு மண்ணையோ

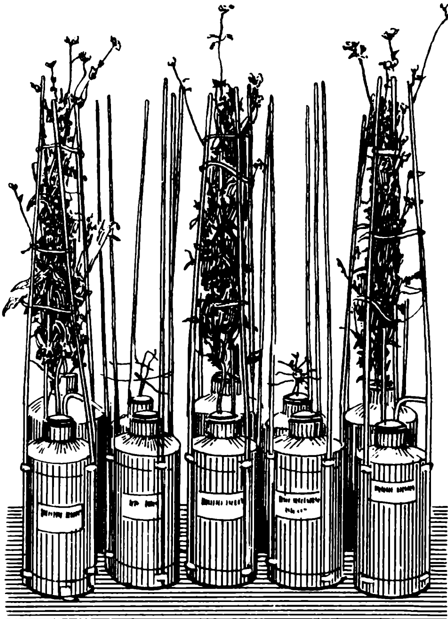
அல்லது மேலே விவரிக்கப்பட்டுள்ள செய் கரைசல்களையோ வைத்துப் பல பரிசோதனைகள் செய்ய வேண்டும்.

தாவரங்களுக்கு **நைட்ரஜனின்** அவசியத்தைக் காட்டும் பரிசோதனைகள் இதோ உள்ளன (படம் 27). இவற்றில் நாம் இரண்டு பூந்தொட்டிகளை எடுத்துக்கொள்கிறோம். அதிகமாக உஷ்ணப்படுத்தவும் அமிலத்தால் கழுவவும் பட்டதன் விளைவாக வெண்மையாகவும் கரம்பாகவும் மாறியுள்ள மண்ணை அவற்றில் நிறைத்துக் கொள்கிறோம். ஒரு தொட்டியில் உள்ள மண்ணுடன் தாவரங்களின் சாம்பல் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. இதில் தாவரத்திலுள்ள எல்லா விதமான தாதுப் பொருள்களும் உள்ளன. மற்றொரு தொட்டியில் இதே சாம்பல் சேர்க்கப்படுகிறது. ஆனால் இத்துடன் நைட்ரேட் அதாவது வெடியுப்பு வடிவத்தில் **நைட்ரஜன்** சேர்க்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு தொட்டியிலும், சம எடையுள்ள சூரியகாந்தி விதைகள் ஊன்றப்படுகின்றன. இவை முளைத்து விட்டன. ஆனால் பரிசோதனையின் முடிவில் நாம் செடிகளுக்குள் வேறுபாடுகளைக் காண்கிறோம். முதல் பூந்தொட்டியில் இரண்டு பரிதாபகரமான, பலவீனமான செடிகள் தோன்றுகின்றன. இவை மண் மட்டத்திற்கு மேலாகச் சற்று உயரம்தான் வளர்ந்துள்ளன. இரண்டாவது தொட்டியில் திடகாத்திரமான செடிகள் உள்ளன. இவற்றில் பூக்களும், விதைகளும், இலைகளும் நன்கு வளர்ந்த தண்டும் இருக்கின்றன. இவை மிகவும் சிறந்த தோட்டத்தில் வளர்க்கப்படும் சூரியகாந்திகளைப் போன்று இருக்கின்றன.[1] இருப்பினும், இந்தப் பரிசோதனைகளுக்கும் உள்ள வேறுபாடு, இரண்டாவது பூந்தொட்டியில் சிறிதளவு வெடியுப்பு அல்லது **நைட்ரஜன்** சேர்க்கப்பட்டுள்ளது என்பதுதான். வெடியுப்பிற்குப் பதிலாக, அம்மோனியா உப்பு வடிவத்தில் நைட்ரஜன் சேர்க்கப்பட்டிருந்தால் இது போன்ற முடிவே கிடைத்திருக்கும். இதிலிருந்து

[1] படம் 27ல் இடது பக்கத்தில், வெடியுப்பின் உதவியால் வளரும் செடிகள் காட்டப்பட்டுள்ளன (தோட்டச் செடியின் இலை ஒன்று ஒப்பிடுவதற்காகக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது). வெடியுப்பு இல்லாமல் வளர்ந்த செடிகள் வலது பக்கம் காட்டப்பட்டுள்ளன. இது பூசிங்கோவின் சிறந்த பரிசோதனை.

நைட்ரஜன் தாவரங்களுக்குத் தேவைப்படுகின்றது என்பது தெரிகிறது.

இதோ மற்றொரு பரிசோதனை உள்ளது. உணவுப் பொருள் கரைசலுள்ள பல ஜாடிகளை நாம் எடுத்துக்கொள்கிறோம். சில ஜாடிகளில் தேவையான உப்புக்கள் எல்லாம் உள்ளன, வேறு சிலவற்றில் பொட்டாசியம் மட்டும்



படம் 28

நீக்கப்பட்ட அதே உப்புக்கள் இருக்கின்றன. ஒரே தன்மை வாய்ந்த பக்வீட் விதைகளை நாம் இவற்றில் ஊன்றுகிறோம். சிறிது நாட்கள் கழிந்த பின்பு முதல் வகை ஜாடிகளில் நன்கு பூத்து முதிர்ந்த விதைகளை உற்பத்தி செய்யும் திடகாத்திரமான செடிகள் உள்ளன. இரண்டாவது வகை ஜாடிகளில் உள்ள செடிகள் வளர்ச்சியடையாமல் நொய்ந்து அழிந்து விடுகின்றன. இப்பரிசோதனையை நாம் பல தடவை திருப்பிச் செய்தாலும், இதே முடிவுதான் நமக்குக்

ங்கை க்கும். இதிலிருந்து தெரிவது என்னவென்றால் தாவரத் துக்குப் பொட்டாசியம் தேவைப்படுகிறது என்பதாகும். பொட்டாசியம் இல்லாமல் அது வாழ முடியாது.

இந்தப் படத்தில், பக்வீட் கொண்டு செய்யப் பட்ட இதே போன்ற பரிசோதனையின் முடிவுகளைக் காண் கிறீர்கள் (படம் 28). முதல் வரிசை, மூன்றாவது வரிசை, ஐந்தாவது வரிசை ஆகிய வரிசைகளில் உள்ள செடிகளுக்கு எல்லா உணவுப் பொருள்களும் அடங்கிய கரைசல் ஊற்றப் பட்டது. இரண்டாவதற்கு நைட்ரஜன் அளிக்கப்பட வில்லை, நான்காவது வரிசையில் உள்ள செடிகளுக்கு பொட்டாசியமும் இல்லை, பாஸ்வரிக அமிலமும் இல்லை. இதன் முடிவுகள் தாமாகவே தெரிகின்றன.

இதோ மற்றுமொரு பரிசோதனை உள்ளது. இதன் முடிவுகள் மிக மிகத் துலக்கமானவை, வியப்பூட்டுபவை. தாவரத்தின் ஊட்டத்திற்குத் தேவையான அவசியமான உப் புக்களில், இரும்பின் உப்பும் ஒன்று. தாவரச் சாம்பலின் இரசாயன அமைப்பில் இது மிகச் சிறு அளவே உள்ளது. இதைத் தாவரப் பயிர் நீரில் கரைசலாகப் பயன்படுத்த முடியாது. ஏனென்றால் இது தாவரத்துக்குத் தேவையான, மிகவும் முக்கியமான, மற்றொரு பொருளான பாஸ்வரிக அமிலத்துடன் கூடி நீரில் கரையாத வெண்மை நிற வீழ்படி வாக மாறுகிறது. இந்த வெண்மை நிற வீழ்படிவை நாம் குலுக்குகிறோம். இதனால் இது வேரின் மேற்பரப்பில் படு கிறது. நாம் இப்பொழுது பல ஜாடிகளை எடுத்துக்கொள் கிறோம். இவற்றில் சிலவற்றில் தெளிவான கரைசல் உள் ளது. இந்த ஜாடிகளில் எந்த விதமான இரும்பு உப்பும் இல்லை. வேறு சில ஜாடிகளில் உள்ள திரவத்தில் இரும்பு உப்பு இருப்பதால் அவை கலங்கலாக உள்ளன. உதாரணமாக, இந்த இரு வகை ஜாடிகளிலும் மக்காச் சோளம் போன்ற தானியத்தை வளர்க்கிறோம் என்று வைத்துக் கொள்வோம். இரண்டு அல்லது மூன்று வார முடிவில் இவ்விரு செடிகளுக் கிடையே நாம் ஏராளமான வேறுபாடுகளைக் காண்கிறோம். முழுவதும் உணவுச் சத்துக்கள் நிரம்பிய திரவமுள்ள ஜாடி களில் சகஜமான செடி வளர்கிறது. இச்செடி பூக்கிறது, முதிர்ந்த விதைகளை உற்பத்தி செய்கிறது. மற்ற ஜாடிகளில்

குறுகலான, பலம் குன்றிய இலைகளைக் கொண்ட செடி தோன்றுகிறது. இது விரைவில் பட்டுப்போய் விடும் (படம் 29). இந்த இலைகள் சிறப்பான பண்பு ஒன்றை வெளிப்படுத்தும். இவற்றில் முதலிரண்டு இலைகள் வழக்கமான பச்சை நிறம் கொண்டிருக்கும், மற்றவையோ முற்றிலும் நிறமற்று, வெளுத்திருக்கும். இரும்பு இல்லாததால், வளர்ச்சி தடைப் பட்டிருக்கிறது, ''வெளிறும் நோய்'' அல்லது குளோராசிஸ் என்னும் நோய் இந்தச் செடிகளுக்கு ஏற்பட்டிருக்கிறது என்பது இதிலிருந்து தெரிகிறது. பின்வரும் சிறு பரிசோதனை, இப்பொழுது கண்டுபிடித்ததைச் சரியென்று எடுத்துக் காட்டும். சிறிதளவு இரும்பு உப்பை இது வரைக்கும் அது இல்லாதிருந்த திரவத்தில் நாம் சேர்க்க வேண்டும். இவ்வாறு செய்தால் செடிக்கு ஏற்பட்ட நோய் அகன்று விடுகிறது. செடி பசுமை நிறம் பெற்று வளர்கிறது. மேலும், முழுவதும் நோயால் பீடிக்கப்பட்ட இலையின் ஒரு பகுதியில் சிறிதளவு இவ்வுப்பைச் சேர்த்தால் அப்பகுதி சற்று நேரம் சென்ற பின்பு பசுமையாக மாறுகிறது.[1] விலங்கு அங்கஜீவி, தாவர அங்கஜீவி ஆகியவற்றின் உயிர்ச் செயல்களில் உள்ள வியக்கத்தக்க ஒற்றுமையை நாம் பல தடவை கண்டோம். இரும்பு உப்புக்களின் செயல் இந்த ஒற்றுமைக்குச் சிறந்த உதாரணமாக விளங்குகிறது. சமீப காலத்தில் கீழ்வரும் நிகழ்ச்சியை நீங்கள் நேரில் பார்த்திருக்கலாம். உங்களைச் சார்ந்தவர்கள் யாராவது உடல் நலமின்றியிருக்கிறார், மற்ற நோய்க்குறிகளுடன் இயல்புக்கு மாறான வெளிறலும் நோயாளியிடம் காணப்படுகிறது என்று வைத்துக்கொள்வோம். டாக்டர் ஒருவரை அழைத்து வருகிறீர்கள். அவர் உடனே ஈறுகளைப் பரிசோதனை செய்துவிட்டு மாத்திரைகளையோ அல்லது மருந்தையோ எழுதிக் கொடுக்கிறார். நோயாளி

---

[1] படம் 29ன் நடுவில் விரைவாக வளரும் மக்காச் சோளச் செடி சேமிப்பு அறையின் மேல் மட்டத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருப்பதையும் இன்னும் பூத்துக்கொண்டிருப்பதையும் காண்கிறோம். இதற்குப் பக்கத்தில் முதிர்ந்த சோளக் கொண்டைகளைக் கொண்டுள்ள மற்றொரு இனச் செடி உள்ளது (Cinquantino), இவற்றிற்கு இடையே உள்ளவை இரும்பு உப்பு இல்லாமல் வளர்ந்த செடிகள்.

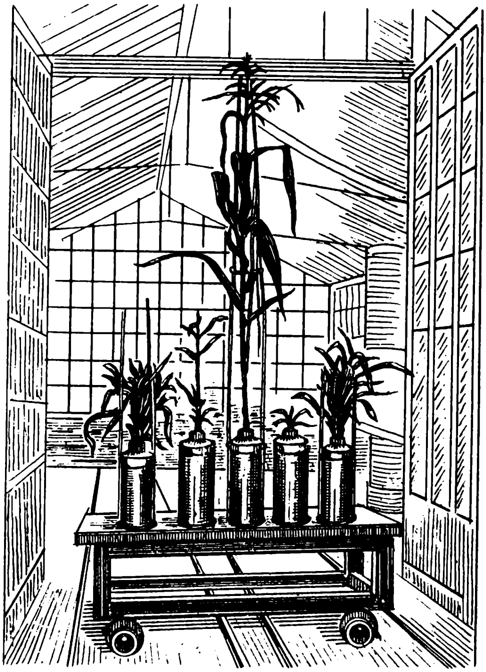
மருந்தைச் சாப்பிடுகிருர். நாளடைவில் நல்ல ஆரோக்கியமான தோற்றம் பெறுகிருர். மருந்தில் இரும்பு இருக்கிறது. வெளிறிய கன்னங்களுக்கு சகஜமான நிறத்தை அளிக்கும் இதே இரும்புதான், வெண்மையான இலேக்கு இயல்பான பச்சை நிறத்தைக் கொடுக்கிறது.

நைட்ரஜன், பொட்டாசியம், இரும்பு ஆகியவற்றின் விளைவுகளைப் பற்றி விவரிக்கப்பட்ட இது போன்ற முடிவுகளே பாஸ்வரம், கந்தகம், குளோரின், சுண்ணும்பு, மக்னீசியம் போன்ற பொருள்களிலிருந்தும் பெறலாம். இந்தப் பொருள்கள் யாவும் தாவரத்தின் உணவிற்கு அவசியமானவை. இவை இல்லாமல் இருந்தால், தாவரம் விரைவில் இறந்து விடுகிறது.

ஆனுல் தாவரத்தின் சாம்பலில் உள்ள இரசாயனப் பொருள்களில் ஸிலிக்கனேயும் காண்கிறுேம். ஸிலிக்கன் ஆக்ஸிஜனுடன் கூடி ஸிலிக்கா என்ற கூட்டுப் பொருளே உருவாக்குகிறது. இது இயற்கையில் சுத்தமான நிலேயில் பாறைப் படிகங்களாகக் கிடைக்கிறது. சற்று அசுத்தமான நிலேயில் குவார்ட்ஸ், வெண்மணல் போன்ற வடிவங்களில் அகப்படுகின்றது. இதே ஸிலிக்காதான் கண்ணுடியின் பகுதிப் பொருளாக விளங்குகிறது. இதே பொருள் பல தாவரங்களில் அவற்றின் உயிரணுச் சுவர்களில் காணப்படுகிறது, அவற்றிற்குக் கண்ணுடி போன்ற நொறுங்கும் தன்மையைக் கொடுக்கிறது. இது போன்ற உயிரணுவை நாம் எரித்தால், இதிலிருந்து கண்ணுடிச் சட்டகம் எஞ்சுகிறது. உருப்பெருக்கியின் மூலம் பார்க்கையில் இது உயிரணுவின் வெளி வடிவத்தை நுட்பமான விவரங்களுடன் பிரதிநிதித்துவப்படுத்துகிறது. **கண்ணுடி** போன்ற உயிரணுக்கள் இருப்பது பற்றிப் பலருக்கு துன்பகரமான அனுபவம் உண்டு. செந்தொட்டிச் செடியில் உள்ள காந்தும் மயிர்ச்சுணே நீண்ட கூர்மையான உயிரணு ஆகும். இதன் சுவர்கள் முக்கியமாக மேற்பக்கத்தில், கண்ணுடி போன்று நொறுங்கும் தன்மை உள்ளவை. ஏனென்ருல் இவற்றில் நிறைய ஸிலிக்கா இருக்கிறது. இதனுல்தான் இவை தோலே எளிதில் துளைத்து, காயத்தில் முறிந்து தோலினுள் விஷச் சாற்றைப் புகுத்திவிடுகின்றன. தானியங்களின் வைக்கோல்களில் ஏராளமாக ஸிலிக்கா

உள்ளது. இது குதிரைவால் செடியின் தண்டிலும் உள்ளது. இவை மிகவும் கடினமாக இருப்பதால், மரத்தைப் பளபளப்பு ஆக்கத் தச்சர்கள் இவற்றைப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

ஸிலிக்கா, பொதுவாகத் தாவரங்களில் காணப்படுகிறது. இது தாவரத்துக்கு அவசியமானது என்று நாம்



படம் 29

கருதக்கூடும். தானியங்களின் வெளித் திசுக்களுக்கு கடினத் தன்மை அளிப்பது மட்டுமல்லாமல் இது வைக்கோல் முழுவதற்கும் கடினத் தன்மையையும், உறுதியையும் தருகிறது என்ற கருத்து கூடப் பரவலாயிற்று; சாகுபடித் தானியப் பயிர்களுக்கு அதிகமான அளவு ஸிலிக்கா கிடைக்கச் செய்வதன் மூலம் அவற்றைக் காற்றிலும் மழையிலும்

யாரிநில் படுத்துப் போகாதவாறு செய்து, தானியப் பயிருக்கு ஏற்படும் பெருஞ் சேதத்தைத் தவிர்க்கலாம் என்று எண்ணப் பட்டது. ஆனல் முன்பு மிகவும் சாத்தியமாகத் தோன்றிய இந்தக் கருத்துக்களுக்கெல்லாம் நேரடியான பரிசோதனை முற்றுப் புள்ளி வைத்துவிட்டது. ஸிலிக்கா இல்லாத செயற் கை மண், கரைசல்கள் ஆகியவற்றில் செய்யப்பட்ட சாகு படிகள் முற்றிலும் ஸிலிக்கா இல்லாமயே சகஜமான தானியச் செடிகள் வளருகின்றன என்று காட்டுகின்றன. எனவே ஸிலிக்கா இல்லாமலே தாவரங்கள் வளர முடியும் என்பது தெளிவாகிறது. மேற்கொண்டு வயல்களில் பெருமளவில் பரிசோதனைகள் செய்யப்பட்டன. இங்கு மண்ணிற்கு ஸிலிக் கேட் உரம் இடப்பட்டது. இப்பரிசோதனையிலிருந்த பாதக மான முடிவுகள் கிடைத்தன. ஸிலிக்கேட் மண்ணில் வளர்ந்த பயிர்கள் ஸிலிக்கேட் கலக்காத மண்ணில் வளர்ந்த பயிர் களைவிட மோசமாகப் படுத்துப் போயின. உரம் பயிரில் புகுந்திருக்காது என்று எண்ணப்பட்டிருக்கலாம். ஆனல் சோதித்துப் பார்த்ததில், ஸிலிக்கா பயிருக்குள் புகுந்து விட்டது என்பது தெரிந்தது. பயிர்ச் செடியை முழுவது மாகவும், பகுதி பகுதியாகவும் ஆராய்ந்த பின் இந்த விளங்காத முடிவுக்கு ஓரளவிற்கு விளக்கம் கூறப்பட்டது. இவற்றிலிருந்து இலைகள் தாம் அதிகமாக ஸிலிக்காவைப் பெற்றன என்றும் தண்டு, வைக்கோல் போன்ற பகுதிகள் பெறவில்லை என்றும் தெரிய வந்தது. விளைவாக ஸிலிக்கா அதிகரிப்பினல் செடியின் உச்சி கனத்து, தண்டின் வலு மிகுவதற்குப் பதில் அது சாய்வதற்கே அதிக வாய்ப்பு ஏற்படுகிறது ஆகையால் ஸிலிக்கா அதிகரிப்பு செடிக்குத் தீங்கே விளைக்கிறது. இதன் மூலம், தாவரம் ஸிலிக்கா இல்லாமலேயே உயிர் வாழ முடியும் என்றும், இதற்குமுன்பு கருதப்பட்டதுபோல், அதன் உறுதித்தன்மைக்கும் ஸிலிக்கா விற்கும் எந்தத் தொடர்புமில்லை என்பதும் தெளிவாயிற்று. பயிர்கள் சாய்வது வேறு சில காரணங்கள் காரணமாக நிகழ்கிறது என்றும் அவற்றைத் தடுக்க முடியும் என்றும் அடுத்துவரும் விரிவுரை ஒன்றில் காண்போம்.

இப்பொழுது, இரண்டாவது அதிகாரத்தில் கூறப்பட் டுள்ள சாம்பலில் உள்ள மூலகங்களின் பட்டியலிலிருந்து

ஸிலிக்காவை நீக்கிவிட்டு அதற்குப் பதிலாகத் தாவரத்துக்கு அவசியமான நைட்ரஜனைச் சேர்த்தால் நமக்கு **எட்டு** மூலகங்கள் கிடைக்கின்றன. இவற்றைத்தாம் நாம் வேருக்குக் கொடுக்க வேண்டும். இவற்றிலிருந்து தாவரம் உணவைப் பெறுகிறது. இவற்றில் **நைட்ரஜன், பாஸ்வரம், கந்தகம், குளோரின்** ஆகிய நான்கும் அமிலங்களை உற்பத்தி செய்கின்றன. இந்த அமிலங்கள் **பொட்டாசியம், கால்ஷியம், மாக்னிஷியம், இரும்பு** ஆகிய உலோகங்களுடன் ஜோடி, ஜோடியாகக் கூடி நான்கு உப்புக்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இந்த நான்கு உப்புக்கள் வேரின் தேவைகள் முழுவதையும் பூர்த்தி செய்கின்றன. நமது பரிசோதனைகளுக்குப் பயன்படுத்திய எல்லாவிதமான கரைசல்களையும் இவை ஏற்படுத்துகின்றன. மிகவும் மோசமான, தரிசான மண்கூட, இவ்விதக் கரைசல் ஊற்றப்பட்டால், செழிப்புள்ளதாக மாறி விடுகிறது. அதாவது அது தாவரத்துக்கு **உணவளிக்கும்** தகுதி பெறுகிறது.

வேரின் உடலியலைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி நமக்கு இது போன்ற மிகத் தெளிவான முடிவுகளைத் தருகிறது. ஆனால் இந்தத் **தெளிவு** பல ஆண்டுகளாக நூற்றுக்கணக்கான விஞ்ஞானிகள் பிடிவாதமாக உழைத்ததன் விளைவு என்பதை நாம் மறந்துவிடலாகாது.

இப்பொழுது ஒரு கேள்வி எழுகிறது. மண்ணின் பெரும்பகுதியாக விளங்கும் மற்ற எல்லாப் பொருள்களும் தாவரத்துக்கு முற்றிலும் பயனற்றவை என்று நாம் முடிவு கட்டலாமா? நிச்சயமாக இவ்வித முடிவு கட்டக் கூடாது தான். இவற்றில் சில தற்சமயத்திற்கு உணவாகப் பயன்படா, ஆனால் இவை வருங்காலத்தில் உணவாகப் பயன்படும்; மற்றவை உணவாக நேரடியாகப் பயன்படாவிட்டாலும் மறைமுகமாகப் பயனளிக்கின்றன. உதாரணமாக, வெடியுப்பு, அம்மோனியா ஆகியவை தவிர மண்ணில் அங்ககப் பொருள் வடிவத்தில் ஏராளமாக நைட்ரஜன் உள்ளது. இருப்பினும், இந்த நைட்ரஜன் உணவாக உடனடியாகப் பயன்படுவதில்லை. இவ்வித வடிவத்தில் நைட்ரஜனைப் பெற்றுள்ள மண் பெரும்பாலும் வளமற்றதாக உள்ளது. ஆனால் இந்த நைட்ரஜன் அம்மோனியாவாகவும் நைட்ரிக அமிலமாகவும் மாறி, படிப்

...யாக அதன் மூலம் உணவாகப் பயன்படக் கூடும். குறித்த ...யத்தில் பயன்படாத ஒரு பொருள் வருங்காலத்தில் ...ணவின் மூலமாக உபயோகப்படுவதற்கு இது உதாரணம். மண்ணில் உள்ள பொருள்கள் தாவரத்துக்கு வேறு பல வழிகளில் பயன்படலாம். ஈரத்தைக் காப்பதற்கும், வெப்பத்தை உட்கொள்வதற்கும், உணவுப் பொருள்களைத் தேக்கி, சமமாகப் பரப்புவதற்கும் அவை பயன்படுகின்றன.

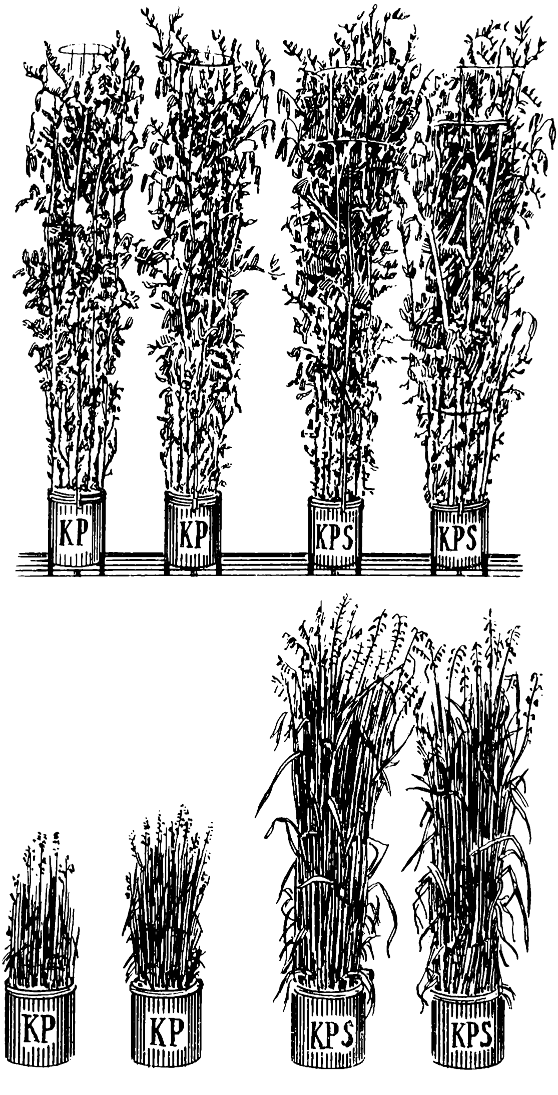
கடைசியாகக் கூறப்பட்ட பண்பைப் பொறுத்தவரை மண்ணின் **உட்கொள்ளும்** திறன் மிகவும் சிறப்பானது. ஒரு புனல் நிறைய மண்ணைப் போட்டு, அதில் ஏதேனும் ஊட்டக் கரைசலை ஊற்றி மண்ணின் ஊடாகக் கடந்தபின் ஒழுகும் நீரைப் பிடித்துப் பார்த்தால் அதில் ஊட்டப் பொருள்கள் மிகச் சிறு அளவே உள்ளன என்பதைக் காண்போம். அம்மோனியா, பாஸ்வரிக அமிலம், பொட்டாசியம் போன்றவை முக்கியமாக உட்கொள்ளப்படுகின்றன. இவை எல்லாம், நாம் முன்பே கண்டபடி, தாவரத்துக்குத் தேவையான பொருள்களாகும். இயற்கையின் சிக்கனத் தன்மையில், மண்ணின் இப்பண்பு மிக மிக முக்கியமானதாகும். இதன் மூலம் தாவரத்துக்குத் தேவையான பொருள்கள், அதாவது மண்ணில் மிகக் குறைவாக இருக்கும் பொருள்கள் மழையால் அடித்துச் செல்லப்படாதபடி தடுக்கப்பட்டு மண்ணிலேயே நிலை நிறுத்தப்படுகின்றன. மண்ணின் கடினமான துணுக்குகளுக்கு இடையே பெருகும் நீரில் மிகக் கொஞ்சம் கொஞ்சமாகவே இவை விடப்படுகின்றன.

இந்த விதிக்கு நைட்ரிக அமிலம் புறம்பாக உள்ளது. ஏனென்றால் அதைத் தண்ணீர் எளிதாகக் கரைத்துச் சென்று விடுகிறது. ஆனால் இவ்வமிலம் தான் தாவரத்துக்குத் தேவையான உணவுப் பொருளான நைட்ரஜனைக் கொடுக்கிறது. விஞ்ஞான ரீதியாகப் பயிரிடுபவர்களின் ஆய்வுகள், பயிரிடப்படும் தாவரங்களின் மூலம் இப்பொருளை நன்கு பயன்படுத்தும் முறையின்பால் குடியானவர்களின் கவனத்தைத் திருப்பியுள்ளன. தாவரத்துக்கும் நைட்ரிக அமிலத்திற்கும் உள்ள இந்தத் தொடர்புதான், பயிர் மாற்ற முறையில் முதிரைத் தாவரங்களின் பங்கு என்ன என்ற வினவிற்கு விடை தருகிறது. சமீப காலம் வரை அவற்றின் பங்கு விளங்காத

புதிராகவே இருந்தது. தானியப்பயிர்களை விட முதிரைத் தாவரத்தில் அதிகமான நைட்ரஜன் உள்ளது. ஆயினும் நைட்ரஜன் உரங்கள் தானியப்பயிர்களைப் பாதிப்பது போல், அவற்றை அவ்வளவாகப் பாதிப்பதில்லை. மேலும் முதிரைத் தாவரங்களையும், தானியப் பயிர்களையும் உரமிடப்படாத நிலத்தில் மாற்றி மாற்றிச் சாகுபடி செய்தால் ஆறப்போட்ட நிலத்திலிருந்து கிடைப்பது போல் ஏராளமான அளவு தானியங்களை அறுவடை செய்யமுடியும். இதிலிருந்து முதிரைத் தாவரங்கள் நிலத்தின் வளத்தைக் குறைப்பதற்குப் பதிலாக அதிகரிக்கக்கூடச் செய்கின்றன என்று தெரிகிறது. முதிரைத் தாவரங்கள் மண்ணிலிருந்து அன்றி, காற்றிலிருந்து நைட்ரஜனை உட்கொள்ளுகின்றன என்று நிரூபிக்கப்பட்டிருந்தால் மட்டுமே இக்கருத்து திட்டமாகச் சரியானதாகக் காட்டப்பட்டிருக்கும். ஆனால் துல்லியமான பரிசோதனைகள் நீண்ட காலமாக இதற்கு முரணாகவே இருந்தன.

இவ்விதத் தாவரங்களுக்கும், நைட்ரஜனுக்கும் உள்ள தொடர்பை மற்றொரு முறையிலும் விளக்க முடியும். முதிரைத் தாவரங்கள் மண்ணினுள் அதிக ஆழத்திற்கு வேர் விடுகின்றன. இந்த வேர்கள் வலை போல் பின்னலாக இருக்கின்றன. இவை மண்ணில் நீண்ட காலம் இருக்கின்றன. வேறு நிலைமைகளில் மழை நீரால் அடித்துச் செல்லப்பட்டுப் பயிரிடுவோருக்குப் பயன்படாமல் போகும் நைட்ரிக அமிலம் முழுவதையும் இவ்வாறு இவை உட்கொண்டு விடுகின்றன. முதிரைத் தாவரங்கள், மற்றத் தாவரங்களை விட அதிக நைட்ரஜனை ஏன் உற்பத்தி செய்கின்றன என்பதற்கு, அவை இவ்விதம் நைட்ரிக அமிலத்தைப் பயன்படுத்துவது ஓரளவு காரணமாகும். மேலும், அவை அதிகப் படியான நைட்ரஜனை, மழை நீர் அடித்துச் செல்லாத வடிவத்தில், அதாவது தங்கள் வேர் மிச்சங்களின் வடிவில் வருங்காலத் தாவரங்களின் நலனுக்காகச் சேமித்து வைக்கின்றன.

இருப்பினும், இந்த விளக்கம் திருப்திகரமாக இல்லை. இந்தக் கேள்விக்குரிய விடையை யாரும் கண்டுபிடிக்கவில்லை. ஆனால் 1880 க்களின் முடிவில் இதற்கு எதிர்பாராத விதமாக விடை கிடைத்தது. இக்கண்டுபிடிப்பு, தாவரத்தின் ஊட்டக் கொள்கை பற்றிய சமீபக் கால ஆராய்ச்சியில் மிகச் சிறப்



படம் 30

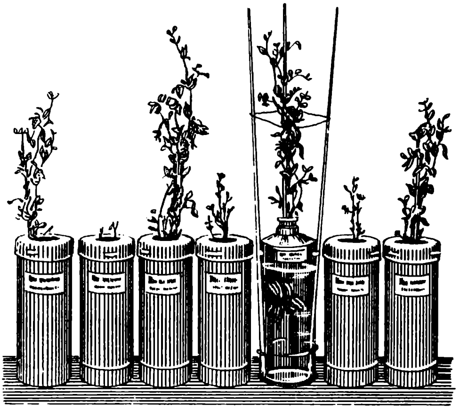
பானதொன்றாகும். எனவே இதை நாம் சற்று விரிவாகக் காண்போம். நாம் முன்பு கூறியது போல், தானியப் பயிர்களின் மீது இவ்வளவு முக்கிய விளைவுகளை ஏற்படுத்தும் வெடியுப்பு உரங்கள் முதிரைத் தாவரங்கள்மீது சில வேளைகளில் எவ்விதப் பாதிப்பும் உண்டாக்குவதில்லை. இது சம்பந்தமான பரிசோதனைகளில் ஒன்று படம் 30ல் (கீழ் பாதி) காட்டப் பட்டுள்ளது. இரு தொட்டிகளில் உள்ள ஓட்ஸ் செடிகளுக்கு வெடியுப்பு தவிர ஏனைய உரங்கள் யாவும்போடப்பட்டன (அவைKP என்ற எழுத்துக்களால் குறிக்கப் பட்டுள்ளன). வேறு இரு தொட்டிகளிலுள்ள ஓட்ஸ் செடிகளுக்கு (KPS என்ற எழுத்துக்களால் குறிக்கப்பட்டுள்ளன) வெடியுப்புடன் கூடிய அதே உரங்கள் இடப்பட்டன. இதன் முடிவு தாஞகத் தெரிகிறது. இது போன்ற பரிசோதனை பட்டாணிச் செடிகளைக் கொண்டு செய்யப்பட்டது (படத்தின் மேற்பகுதி). இதில் முடிவு எதிர்மாருக இருந்தது. வெடியுப்பு இருந்ததால் எந்தவித மாறுதலும் இல்லை. இதிலிருந்து மண்ணில் நைட்ரஜன் இல்லாவிட்டாலும் அவற்றிற்குரிய நைட்ரஜனைப் பட்டாணிச் செடிகள் தாமாகவே உற்பத்தி செய்ய முடியும் என்பது தெரிகிறது.



படம் 31

இதே போன்று அவரைச்செடி, அதற்குரிய நைட்ரஜனைக் காற்றிலிருந்து பெற முடியும். இது எந்தச் சூழ்நிலைகளில் நடைபெறுகிறது? மிகப் பழங்காலத்திலிருந்தே மக்கள், முதிரைத் தாவரங்களின் வேர்களில் சிறு முடிச்சுகள் இருப்பதைக் கண்டிருந்தார்கள். மேற் கூறிய விஞைவை எழுப்புகையில் ஆராய்ச்சியாளர்கள் இந்த விஷயத்தை நினைவிற்குக் கொண்டு வந்தார்கள். இந்த முடிச்சுகள் (படம் 31) வேரை

மண்ணில் பரவலாக இருக்கிற சில பாக்டீரியாக்கள் தொற்று வதால் தோன்றுகின்றன. இதை எளிதாக நிரூபித்துக் காட்டலாம். முதிரைச் செடி ஒன்று நீர்க் கரைசலில் வளர்க்கப்படுகிறது. இதன் வேர்களில் சில ஒரு பாத்திரத்திலும் வேறு சில மற்றொரு பாத்திரத்திலும் இருக்கும்படியாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள கரைசல் முன்கூட்டியே கொதிக்க வைக்கப்பட்டுள்ளது. மற்றொன்றில் பாக்டீரியாக்களோடு கூடிய மண்ணில் இருந்த நீர் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. பாக்டீரியாக்கள் நீக்கப்பட்ட, கொதிக்க வைக்கப்பட்ட தண்ணீர் இருக்கும் பாத்திரத்தில் உள்ள வேர்களில் முடிச்



படம் 32

சுகள் தோன்றவில்லை. காற்றிலுள்ள நைட்ரஜன் தன்மயமாக்கப்படுவது மண்ணில் இவ்வித பாக்டீரியாக்கள் இருப்பதைப் பொறுத்துள்ளது என்ற உண்மையைக் கீழ்க்கண்ட முறையில் நிரூபிக்கலாம் (படம் 32). பட்டாணிச் செடிகள் உள்ள கண்ணாடிப் பாத்திரங்களில், நைட்ரஜன் நீக்கப்பட்ட மண் போடப்படுகிறது. ஆனால் இவற்றுடன் பாக்டீரியாக்கள் கொண்ட மண் கரைசல்கள் சேர்க்கப்படுகின்றன. மற்றொரு பிரிவு கண்ணாடிப் பாத்திரங்களில் வெப்பத்தால் பாக்டீரியாக்கள் நீக்கப்பட்ட மண் போடப்படுகிறது. இதிலும் அதே மண் நீர் கொதிக்க வைக்கப்பட்டு பாக்டீரியாக்கள் நீக்கப்பட்ட நிலையில் ஊற்றப்படுகிறது. இதிலிருந்து

கிடைக்கும் முடிவு மிகவும் வியக்கத்தக்கது. முடிச்சுக்களை உரு வாக்கும் பாக்டீரியாக்களைப் பெற்றுள்ள செடிகள் மட்டுமே சகஜமாக வளர்ந்தன (படம் 32, ஒற்றைப் படை எண்ணுள்ள செடிகள்) மற்ற செடிகள் அழிந்தன (படம் 32 இரட்டைப் படை எண்ணுள்ள செடிகள்). பட்டாணிபோன்ற முதிரைத் தாவரங்களையும் தானியப் பயிர்களையும் வேறுபடுத்தும் பண்பை இது நிரூபித்துக் காட்டுகிறது. அதாவது காற்றிலுள்ள நைட்ரஜனைத் தன்மயமாக்கும் பண்பிற்கும் மண்ணிலுள்ள சில பாக்டீரியாக்களால் தொற்றப்படுவதற்கு வேர் கொண்டுள்ள திறனுக்கும் தொடர்பு இருக்கிறது. எவ்விதம், எங்கே இத்தன்மயமாதல் நடைபெறுகிறது என்பது இன்னும் முழுவதுமாக விளக்கப்படவில்லை.

ஊட்ட நீரில் குறைந்த அளவுதான் உணவு உப்புக்கள் இருக்கின்றன என்பது மேலே கூறப்பட்ட உண்மை. இதி லிருந்து ஊட்ட நீர் தாவரங்களுக்குப் போதுமானதுதானு என்ற கேள்வி எழுகிறது. பின்வரும் கணக்கீடுகளின் துணை கொண்டு நாம் இந்தக் கேள்விக்கு விடை கூற முடியும். ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்பளவுள்ள நிலத்தில் பெய்யும் மழையின் அளவு நமக்குத் தெரியும். மண்ணிலிருந்து மழை நீர் பிரித் தெடுக்கும் உணவுப் பொருள்களின் அளவும் நமக்குத் தெரி யும். அதே பரப்பளவுள்ள நிலத்திலிருந்து கிடைத்த அறு வடையில் உள்ள சாம்பலின் அளவும் நமக்குத் தெரியும். இந்தத் திரவ வடிவமான உணவுப் பொருள் போதியது தானு என்ற நமது கேள்விக்கு விடையளிக்க இப்புள்ளி விவரங்கள் போதுமானவை. மிகவும் செழிப்பான மண்ணில் தான் சகஜமான விடை கிடைக்கிறது. மற்ற எல்லா விஷ யங்களிலும் நேர்மாருன விடைதான் கிடைக்கிறது. பொது வாகத் தாவரங்களுக்கு திரவ உணவு மட்டும் போதுமானது அல்ல. மண் நீரில் கரையாத பொருள்களையும் அது பயன் படுத்த வேண்டும். ஆனல் இந்த சந்தர்ப்பத்தில் வேர் உணவைத் தானுகவே தேடிக்கொள்ள வேண்டும். இதற்காக அக்கம்பக்கத்திலுள்ள மண் துணுக்குகளையும் சுற்றித் தேட வேண்டும். இதன்மூலம் வளமற்ற பொருள்களில் பரவலாகச் சிதறிக் கிடக்கும் நுண்ணிய ஊட்டத் துணுக்குகளை அது பெற முடியும். இதிலிருந்து நாம் நமது இரண்டாவது கேள்விக்கு

...றோம். வேரின் உணவு எது என்பதை நிச்சயப் படுத்திய பின்பு அது **எவ்விதம்** உணவைப் பெறுகிறது என்பதைக் கண்டுபிடிக்க முயற்சி செய்வோம்.

* * *

வேர் அதன் வேலையை எவ்விதம் நிறைவேற்றுகிறது என்று கண்டுபிடிக்க வேண்டுமானுல், அதன் கட்டமைப்பைப் பற்றி நாம் முதலில் தெரிந்துகொள்ள வேண்டும்.

வெளித் தோற்றத்தில் வேர் இரு வெவ்வேறு விதமான வகைகளைச் சேர்ந்ததாக இருக்கிறது. ஒன்றில் அது ஒரே மொத்தமான முளையாணியாகப் படிப்படியாகக் கூராகிய வாறு நேரே கீழ் நோக்கி வளர்ந்து மெல்லிய இழை போன்று முடிவடைகிறது. உதாரணம்: பீட், கேரட், சணல். மற்றொரு வகையில் அது உடனடியாக மண்ணின் மேற்பரப்பிற்கு அருகிலேயே கிளை விடுகிறது. இக்கிளைகள் நூல் போன்ற இழைக் கொத்துக்களாக இருக்கின்றன. உதாரணம்: ரை, கோதுமை போன்ற தானியப் பயிர்கள். முதல் வகை வேர்கள் **ஆணி வேர் கள்** என அழைக்கப்படுகின்றன. பிந்திய வகையின **நார் வேர் கள்** எனப்படுகின்றன. இவ்வரு வகையிலும், பல மாறு பட்ட வடிவங்கள் உள்ளன. ஆயினும் இவை யாவும் வேரின் எல்லாவிதமான பண்புகளையும் பெற்றிருக்கின்றன.

ஆணி வேர், தனி நார் வேர், பக்க வேர் போன்ற எந்த விதமான வேரும் தாவரத் தண்டு வளருவது போன்று, முனையில் நீண்டு பரவலாவதன் மூலம் வளர்ச்சியுறுகிறது. ஆனுல் தண்டின் முனையை வேரின் முனையோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கையில் பெருத்த வேற்றுமை நமக்குத் தென்படுகிறது. மொக்கில் உள்ள எல்லா இலைகளையும் நீக்கி விட்டு அதன் ''வளர் கூம்பு'' எனப்படும் முனையை நாம் பார்த்தால், தண்டின் மிக இளைய, மென்மையான பாகம் வளர்ச்சியுறுத நுண்ணிய உயிரணுக்களால் ஆனது என்பதைக் காண்கிறோம். இதே போன்று இலைகளே இல்லாமையால் எப்பொழுதுமே வெற்றுயுள்ள வேரின் முனையை நாம் பரிசோதித்துப் பார்த் தால், அது கரடு முரடாகவும், அழுக்கடைந்தும் இருப்பது போல் தோன்றுகிறது. இதை வெறுங் கண்களாலேயே நாம் காண முடியும். ஆனுல் லென்ஸ் அல்லது உருப்பெருக்கி

இருந்தால் இன்னும் நலமாகவிருக்கும். இந்த வேர் முனையைப் பல அடுக்கு உயிரணுக்கள் குல்லாய் போல மூடியிருக்கின்றன. வெளி அடுக்கில் உள்ள உயிரணுக்களுக்கிடையே தொடர்பு இல்லை. அவை ஒரு வகைக் கோழையால் ஒட்டிக் கொண்டிருக்கின்றன. இந்த மூடி வெளிப்புறத்தில் உள்ள பட்டுப்போய்க் கொண்டிருக்கும் திசு அடுக்குகளாகும். இவை, தமக்கு அடியில் உள்ள வளர்காம்பின் மென்மையான இளம் திசுக்களைப் பாதுகாக்கின்றன (படம் 33)[1]. கையுறையைக் கழற்றுவது போன்று, இம்மூடியைச் சில சமயங்களில் வேர் முனையிலிருந்து நீக்க முடியும். இந்த உறுப்பின் உடலியல் முக்கியத்துவத்தைமிகவும்எளிதாகப் புரிந்துகொள்ளலாம். இது வேர் முனைக்கு ஒரு கவசம் போல் விளங்குகிறது. இதன் பாதுகாப்பில் வேரின் மென்மையான வளர்காம்பு மண்ணில் துளையிட்டுக் கொண்டு செல்கிறது. வேரின் வளர்காம்பில் உள்ள இளம் உயிரணுக்கள் பாதுகாப்பின்றி இருந்தால், வேர் அதன் வேலையை நிறைவேற்ற முடியாது. முனை மூடியை முன்னுக்குத் தள்ளுவதன் மூலம், கடினமான, கரடுமுரடான மண் துணுக்குகளால் எவ்வித அபாயமும் இல்லாமல், வேர் மண்ணினுள் வளருகிறது.



படம் 33

இம்மூடியால் பாதுக்காக்கப்பட்டுள்ள முனைக்குச் சற்று மேலாக வேரில் மெல்லிய துய்கள் ஏராளமாக உள்ளன (படம் 34)[2] ஒவ்வொரு துய்யும், வெளி அடுக்கில் உள்ள நீட்சியடைந்த உயிரணுதான்.

---

[1] படம் 33ல் குறைந்த உருப்பெருக்கு திறனில் வேரின் வளர்காம்பும் அதன் மூடியும் காட்டப்பட்டுள்ளன.

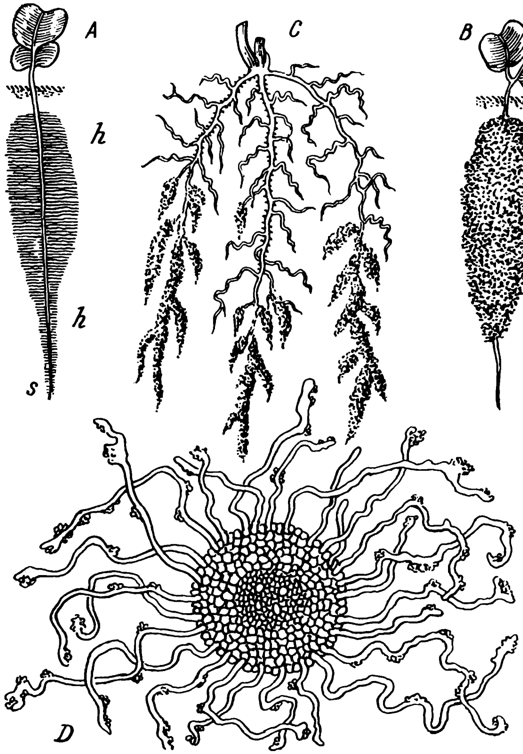
[2] படம் 34ல் துய்கள் அடர்ந்த இளம் வேர் (A), துய்களுடன் மண் துணுக்குகள் ஒட்டிக் கொண்டிருக்கும் அதே மாதிரி வேர் (B); கிளைகளுடன் கூடிய, முதிர்ந்த வேர், அதன்

முனைப் பகுதியிலிருந்து சற்று தூரத்தில் துய்களின் கச்சம் முடிந்துவிடுகிறது. அங்கே வேரின் மேற்பரப்பு துய்கள் அற்ற கடினமான அடுக்கு ஒன்றால் பாதுகாக்கப்படுகிறது (படம்34). இதற்கும் மேலே இந்த அடுக்கு சிதைந்து விடுகிறது. இதற்குப் பதிலாக இன்னொரு வகைப் பாதுகாப்புத்திசு காணப்படுகிறது. இது மரங்களின் தண்டில் இருப்பது போன்றது. இதை தாவரவியல் அறிஞர்கள் தக்கைத் திசு என்று அழைக்கின்றனர். எல்லாத் தக்கையையும் போல, இதனுள்ளும் நீர் நுழையாது. இவ்விதமாக வேரில் மூன்று பகுதிகள் உள்ளன. வேரின் முனையில் உள்ள மூடி ஒரு பகுதி. துய்கள் உள்ளது இரண்டாவது பகுதி. உலர்ந்த தோலும், தக்கைத் திசுவும் உள்ள முதிர்ந்த பாகம் மூன்றாவது பகுதி. இந்த முதிர்ந்த பகுதி தண்ணீரையும் உணவுப் பொருள்களையும் உட்கொள்ள முடியாது. இதேபோல வேரின் முனையும் உட்கொள்ளும் தன்மையற்றதுதான். அப்படியே உட்கொண்டாலும், அரைகுறையாகவே உறிஞ்சுகிறது. இதைப் பரிசோதனை மூலமாக நிரூபிக்க முடியும். வேரின் உட்கொள்ளும் பரப்பு அதன் துய்கள்தாம். இவை, தாவரத்தின் தரைக்கு மேல் உள்ள பகுதியைச் சேர்ந்த திசுக்களை விட, மிக அதிகமான அளவு தண்ணீர் புகக் கூடியவை.

உட்கொள்ளும் உறுப்பு என்ற முறையில் வேர் சிறப்பாக அக்கறைக்குரிய பகுதியாக நமக்குத் தென்படுகிறது. இந்தக் கண்ணோட்டத்திலிருந்து அதன் நீளத்தைப் பற்றியும், அதன் உட்கொள் பரப்பின் அளவு பற்றியும் ஒருவாறு தெரிந்து கொள்வது முக்கியமானது. தண்ணீரால் நன்கு கழுவப்பட்டு மண் நீக்கப்பட்ட வேர் ஒன்றைப் பார்க்கும்பொழுது, அதன் எண்ணற்ற கிளைகளும் நார்களும் ஒரு போகாக முனைக்கு முனை பொருத்தப்பட்டால் அதன் மொத்த நீளம் எவ்வளவு கணிசமாக இருக்க வேண்டும் என்பது மனத்தில் தெளிவாகப் பதிகிறது. ஆனால் மிகவும் துணிகரமான யூகம்கூட உண்மைக்கு வெகு தூரத்தில் நின்றுவிடுகிறது. ஒரு ஜெர்மானிய

முற்றிய பகுதிகளில் துய்கள் இல்லை (C); உருப்பெருக்கியின் மூலம் காணும் வேரின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம், இதில் துய்களின் அமைப்பும் அவை மண் துணுக்குகளுடன் ஒட்டிக் கொண்டிருப்பதும் காட்டப்பட்டுள்ளது (D).

விஞ்ஞானி பின்வரும் கடினமான வேலையை மேற்கொண்டார். சாமணம், ஸ்கேல், கவராசம், அளவுகடந்த பொறுமை, ஆகியவற்றின் துணை கொண்டு ஒரு கோதுமைச் செடியின் வேரின் நீளம் முழுவதையும் அதன் நுண்ணிய சிறு கிளைகள் உட்பட அவர் உண்மையாகவே அளந்தார். அவருக்குக்கிடைத்த விடை வியப்பிற்குரியது. வேரின் மொத்த நீளம் 510 மீட்டர்கள் என்று தெரிய வந்தது. இந்த எண் எவ்வளவு பெரிதாக இருந்த போதிலும், வேரின் உட்கொள் பரப்பு முழுவதும் இதில் அடங்கி விடவில்லை. உண்மையில் துய்கள்தாம் உட்கொள் பரப்பை உருவாக்குகின்றன. கோதுமைச் செடியில் இவ்விதத் துய்கள் எத்தனை இருக்கின்றன என்று காண்போம். சுமாரான தொகையில் இதைக் கணக்கிடுவது ஒன்றும் கடினமல்ல. உருப்பெருக்கியின் உதவி கொண்டு ஒரு சதுர மில்லிமீட்டருக்கு எத்தனை துய்கள் இருக்கின்றன என்று கணக்கிட வேண்டும். பின்பு துய்கள் இருக்கும் பரப்பை சதுர மில்லிமீட்டரில் கணக்கிட வேண்டும். இப் பரப்பைத் துய்களின் எண்ணிக்கை கொண்டு பெருக்கினுல், ஏறக்குறைய ஒரு கோடி துய்கள் இருக்கின்றன என்பது தெரிகிறது. இந்த எண்ணிக்கையை, நமக்குக் கிடைத்துள்ள துய்யின் சராசரி நீளம் கொண்டு பெருக்கினுல், துய்களின் மொத்த நீளம் **இருபது கிலோமீட்டர்கள்** (பன்னிரண்டரை மைல்கள்) என்று தெரிகிறது. சாதாரணப் பூத்தொட்டியில் இருக்கும் அளவு மண்ணில் உள்ள கோதுமைச் செடியின் வேர் தன் எல்லாத் துய்களுடனும் சேர்ந்து செல்லும் பாதை இவ்வளவு நீளமானது. வேர் தன் எல்லாத் துய்களுடனும் சேர்ந்து கடக்கும் பாதை என்று நான் குறிப்பிட்டேன். ஏனெனில் உண்மையில், செடியின் வாழ்க்கையில் எந்தவொரு கட்டத்திலும் வேர்களின் நீளத்தை இந்த எண்ணிக்கை குறிப்பதில்லை. எல்லாத் துய்களும் ஒரே சமயத்தில் வேலை செய்வதில்லை. உதாரணமாக படம் 34— C யில் வேரின் கீழ்ப்பகுதிகள் மட்டும்தான் செயல்படும் தன்மையுள்ளவை. அதன் மேற்பகுதியில் துய்கள் இல்லை. அங்கு இவற்றிற்கு அவசியமே இல்லை. மேல்புறத்தில் இத்துய்கள் தம் வேலையை ஏற்கனவே செய்து முடித்து விட்டன. அவை மண்ணின் கடினமான பகுதிகளில் உள்ள உணவுப் பொருள்கள் முழு



படம் 34

வதையும் உட்கொண்டு விட்டன. இப்பொழுது கோதுமைச் செடியின் வாழ்நாளில் அதன் வேரில் உள்ள துய்கள், அவற்றைத் தாங்கிக் கொண்டிருக்கும் நார்கள் ஆகியவற்றின் மொத்தப் பரப்பைக் கணக்கிட்டால், ஒவ்வொரு கோதுமைச் செடிக்கும் வயலில் ஒதுக்கப்பட்டுள்ள நிலத்தின் பரப்பை விடத் துய்களின் பரப்பு அநேகமாக நூறு மடங்கு அதிகமாக உள்ளது என்பது தெரிய வருகிறது. ஆனால் ஏறத்தாழப் பதின்மூன்று மைல்கள் நீளம் வரை இருக்கும் இந்தத் துய்களின் கன அளவைக் கணக்கெடுத்தால், இவற்றை 1.5 கன சென்டிமீட்டர் அளவுள்ள விரற்புட்டிலில் அடைத்து விடலாம்.

இவ்விதமாக, வேரில், சிறப்பாகத் துய்கள் வடிவத்தில் உள்ள உறுப்பு ஒன்றை நாம் காண்கிறோம். இதன் கன அளவு மிகக் குறைவு. ஆனால் இது மிக அதிகமாக நீட்டப்பட்டிருப்பதால், இதன் பரப்பு மிகவும் அதிகம். இந்த விஷயத்தில் புராணக் கதையில் கார்த்தேஜ் நகரை நிறுவிய ராணி டிடோ கையாண்டது போன்ற தந்திரத்தை இயற்கை கையாளுகிறது. ஒரு மாட்டுத் தோலினால் அளக்கக் கூடிய நிலத்தை அவள் கேட்டுப் பெற்றாள். இந்தத் தோலின் உதவி கொண்டு அவள் வருங்கால கார்த்தேஜ் நகர் அமைவதற்கான இடம் முழுவதற்கும் வேலியிட்டாள். ஏனென்றால், டிடோ அந்தத் தோலை மிகக் குறுகலான துண்டுகளாக வெட்டினாள், ஆனால் அவள் வெட்டிய துண்டுகள் மனித முடியைக் காட்டிலும் எவ்வளவோ மெல்லிய வேர்த் துய்களுடன் ஒப்பிடுவதற்கே தகுதியற்றவை.

வேர் முடிகளின் நீளப் போக்கில் ஏற்படும் இவ்வளர்ச்சியின் உடலியல் ரீதியான முக்கியத்துவத்தைப் புரிந்துகொள்வது கடினமல்ல. இதன் மூலம், மிகக் குறைந்த அளவு கட்டுமானப் பொருள்களைக் கொண்டு, மிகவும் அதிகமான அளவு மண் துணுக்குகளைச் சுற்றிவளைப்பது வேருக்கு முடிகிறது. இதனால் இத்துணுக்குகளுடன் வேர் நெருங்கிய தொடர்பு கொள்கிறது. நமது கோதுமைச் செடியின் வேர்த்துய்களிலிருந்து மண் துணுக்குகள் எவ்வளவு தொலைவில் உள்ளன என்பதைக் கணக்கிட நம்மிடம் உள்ள புள்ளிவிவரங்கள் போதுமானவை.

இதைக் கண்டுபிடிக்க நாம் புள்ளி இயல் முறையை அதாவது புள்ளி இயல் அறிஞர்களால் பயன்படுத்தப்படும் முறையைக் கையாள வேண்டும். அவர்கள் தனி நபர்களின் சிறப்புப் பண்புகளை ஒதுக்கி விட்டு, சராசரி மனிதனைப் பற்றியும், சராசரி வாழ்க்கைத் தரம் பற்றியும் கூறுகிறார்கள். அவர்கள் சராசரியின் அடிப்படையில் நிகழ்ச்சிகளை வரையறுக்கிறார்கள். நாமும் அவர்களுடைய உதாரணத்தைப் பின்பற்றுவோம். கோதுமைச் செடியின் சராசரி வேரின் இழை பெற்றிருக்கும் மண்ணின் கன அளவு என்ன என்பதைக் கண்டுபிடிக்க முயற்சி செய்வோம். வயலில் ஒவ்வொரு செடியும் வியாபித்துள்ள சராசரிப் பரப்பும், வேர் மண்ணில்

எவ்வளவு ஆழத்திற்குச் செல்கிறது என்பதும் நமக்குத் தெரியும். இதிலிருந்து ஒவ்வொரு செடியும் வியாபித்துள்ள மண்ணின் கன அளவு என்ன என்று நாம் அறிவோம். இந்தக் கண்ணாடி ஜாடியில் இவ்வாறு அளக்கப்பட்ட மண் உள்ளது. உதாரணமாக, இம்மண்ணை ஒரு **மைலில் மூன்றில்** ஒரு **பகுதி** நீளமுள்ள குழாயினுள் (நமது வேரின் நீளம்) அடைக்க வேண்டும் என்ருல், அந்தக் குழாயின் குறுக்கு விட்டம் எவ்வளவு? இதன் விடை **மூன்று மில்லிமீட்டர்கள்** எனத் தெரிகிறது. வேர் நார்களும் அதன் துய்களும் இந்தக் குறுக்கு விட்டமுள்ள குழாயினுள் நுழைக்கப்பட்டால் அவை குழாயின் சுவரைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும்.[1] எனவே எல்லா வேர் இழைகளும் மண்ணில் சம அளவில் பரப்பப்பட்டிருந்தால், ஒவ்வொரு இழையையும் சுற்றி ஒரு உருளை வடிவமாக மண் அடைத்துக் கொண்டிருக்கும். இந்த மண் உருளையை வேர்த் துய்கள் நாலா பக்கங்களிலும் துளையிட்டிருக்கும். ஆகவே, ஒரு வேர்த் துய்யிலிருந்து மண் துணுக்கு இருக்கும் கூடியபட்ச தூரம், அந்த வேரின் அக்கம் பக்கத்துத் துய்களுக்கு இடையே உள்ள தூரத்தில் பாதிக்குச் சமமாக இருக்கும். இது கிட்டத்தட்ட ஒரு மில்லிமீட்டரில் பதினைந்தில் ஒரு பகுதியாக இருக்கும். இந்தக் கணக்கீட்டிலிருந்து, நமது **சராசரி** வேர் நார் உணவு பெறுவதற்கு உள்ள கூடியபட்ச தூரத்தைப் பற்றி ஒரு விடை நமக்குக் கிடைக்கிறது. மேலும், வேரிற்கும் மண் துணுக்குகளுக்கும் உள்ள நெருங்கிய தொடர்பு பற்றியும் நாம் அறிந்துகொள்கிருேம். உண்மையில், ஒவ்வொரு வேர் நாருக்கும் **சாதகமான** சூழ்நிலைகள் இருப்பதில்லை. இது வேரின் உறிஞ்சு திறனுக்கு நல்ல விளக்கமாக அமையும் வெறும் புள்ளிவிவரச் சராசரிதான் என்பதை நான் வலியுறுத்துகிறேன். மண்ணில் எங்கெல்லாம் அதிக ஊட்டமுள்ள பொருள்கள் எதிர்ப்படுகின்றனவோ, அங்கெல்லாம் வேர் சிறப்பாக வளர்ச்சி அடைகிறது. ஆகையால் இந்தத் தகவமைப்பு இன்னும் செவ்வையுள்ளது

---

[1] விரிவுரையின் பொழுது விளக்குக் கண்ணாடி, அதன் பிரஷ் ஆகியவற்றின் உதவியால் இவ்விஷயம் விளக்கிக் காட்டப்பட்டது.

ஆகிறது. இந்த உண்மை கீழ்க்கண்ட முறையில் நிரூபிக்கப்பட்டிருக்கிறது: வளமற்ற மண் படிவுகளும் வளமான மண் படிவுகளும் மாற்றி மாற்றி இடப்பட்ட பூத்தொட்டியில் ஒரு தாவரம் வளர்க்கப்பட்டது. வளமான மண்ணில் வேர்கள் செழிப்பாக வளர்ந்தன. வளமற்ற மண்ணில் பலமற்ற, சிறு நார்களே தோன்றின. இவ்வுண்மையும், வேர்த் துய்களின் அதிக நீளமும், வேர்கள் தாமே உணவைத் தேடிச் செல்ல வேண்டும் என்பதையும் நீரின் வாயிலாக அவற்றிற்குக் கிடைக்கும் திரவ உணவு பொதுவாகப் போதுமானதல்ல என்பதையும் காட்டுகின்றன. கரைசல்களிலோ அல்லதுநீரினுள் மூழ்கியிருக்கும் மண்ணிலோ வளரும் தாவரங்களில் வேர்த் துய்கள் மிகக் குறைவாகக் காணப்படுகின்றன அல்லது காணப்படுவதே இல்லை. ஆயினும் அத்தாவரங்களுக்கு எந்த விதமான குறையும் இருப்பதாகத் தெரியவில்லை. திரவ ஊடகத்தில் உள்ள ஊட்டப் பொருள்கள் தாமே வேரினுள் எளிதாக நுழைகின்றன. ஆதலால் அதற்கு விசேஷமாக அகன்ற பரப்பு வேண்டும் என்ற அவசியமில்லை.

மண்ணின் கடினமான துணுக்குகளிலிருந்தும் வேர் உணவைப் பெறுகிறது என்பதை நாம் பல தடவை கூறியுள்ளோம். ஆனால் இதை எப்படி விளக்குவது? துய்களுடன் கூடிய வேரின் மேல் அடுக்கில் சிறு சிறு உயிரணுக்கள் உள்ளன. இவற்றின் சுவர்களில் எந்த விதமான துளைகளும் இல்லை. மண் துணுக்குகள் படம் 34—D யில் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் வேர்த் துய்களுடன் நெருக்கமாக ஒட்டிக்கொள்ளக் கூடும், ஆனால் அவற்றின் சுவர்களைத் துளையிட்டுக் கொண்டு உள்ளே வருவதில்லை. திடப் பொருள்கள் வேருக்கு உணவாக அமைகின்றன, ஆனால் அவை வேரின் உயிரணுச் சுவர்களின் வழியாகச் செல்வதில்லை என்ற முரண்பாட்டுக்குச் சமாதானம் காண்பது எப்படி? இந்த முரண்பாட்டை விளக்க நாம் கீழ்க்கண்ட பரிசோதனையைச் செய்ய வேண்டும். ஒரு கண்ணாடி ஜாடி முழுவதும் நீரால் நிரப்பப்படுகிறது. இதன் வாய் சவ்வால் மூடப்படுகிறது. இதன் மேற்பரப்பு ஒற்றுத் தாளால் நன்கு துடைக்கப்படுகிறது. இதனால் மேற்பரப்பு முற்றிலும் உலர்ந்ததாகக் காட்சி தருகிறது. இப்பரப்பின்

பந்து சிறிதளவு சாக் தூளை நாம் தூவுகிறோம். சாக்—திடப் பொருள். சவ்வில் எந்த விதமான துளைகளும் இல்லை. இருப் பினும் சாக் தூள் மேற்பரப்பிலிருந்து விரைவில் மறைவதை நாம் காண்கிறோம். அது சவ்வின் வழியாகச் சென்று ஜாடி யின் உட்புறத்தை அடைகிறது. சவ்வின் மேற்பரப்பிலிருந்து சாக் தூள் முழுவதும் மறையும் வரை நாம் காத்திருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை. ஏனெனில் நம்மிடம் தண்ணீரில் உள்ள சுண்ணும்பைக் கண்டறிய மிக விரைவாகச் செயல் படும் இரசாயனப் பொருள்கள் உள்ளன. உதாரணமாக இந்த நிறமற்ற திரவம் (அம்மோனியம் ஆக்ஸலேட்) கரை யும் சுண்ணும்பு உப்புகளுடன் வெண்மை நிற வீழ்படிவை ஏற்படுத்தும் தன்மையுள்ளது. பரிசோதனைக்கு முன்பு ஜாடி யிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட தண்ணீரில் நான் இத்திரவத்தை ஊற்றுகிறேன். வீழ்படிவு ஏற்படவில்லை. சாக் சவ்வின் மேல் சற்று நேரம் இருந்த பிறகு ஜாடியிலிருந்து கொஞ்சம் நீரை எடுத்து அதில் இத்திரவத்தை விடுகிறேன். இப்பொழுது எனக்கு ஏராளமாக வெண்மை நிற வீழ்படிவு கிடைக்கிறது. நீரில் ஏற்கனவே சுண்ணும்பு இருப்பதை, அதாவது சாக் தூளின் ஒரு பகுதி பையின் ஊடாகச் சென்று விட்டது என்பதை இது காட்டுகிறது. இந்தப் பரிசோதனை முதலில் நமக்கு வியப்பாக இருந்தாலும், இதை எளிதாக விளக்கிவிடலாம். ஒற்றுத் தாளினல் எவ்வளவு கவனமாக ஒற்றினுலும், சவ்வு உலர்ந்தது போல் காட்சியளிக்க மட்டுமே செய்கிறது. உண்மையில் அதன் உட்பரப்பைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் திரவம் அதில் பரவியுள்ளது. இத்திரவம் வெறும் தண்ணீர் அல்ல, அசெட்டிக அமிலம் கலக்கப் பட்ட தண்ணீர். எனவே பை ஒரு அமிலத்தால் ஈரமாக்கப் படுகிறது. அமிலங்கள் சாக் தூளைக் கரைக்கின்றன என்பது நமக்குத் தெரியும். ஈரமாக்கப்பட்ட சவ்வை அடையும் பொழுதெல்லாம் சாக் கரைகிறது. இக்கரைசல் ஜாடியினுள் செல்லுகிறது. இவை யாவும் மிகவும் புலப்படா வகையில் நிகழ் கின்றன. இதனுல் உலர்ந்த சவ்வு வழியாகத் திடப் பொருள் விளங்காத ஒரு முறையில் செல்லுகிறது என்று தோன்று கிறது. இந்தப் பரிசோதனையிலிருந்து உயிரணுச் சுவர்கள் அமிலத்தால் நனைக்கப்பட்டிருந்தால், திடப் பொருள்கள்

அதில் கரைந்து அவற்றின் வழியாக எளிதில் உள்ளே செல்ல முடியும் என அறிகிறோம்.

இது போன்ற ஒரு செயல் வேர்களில் நிகழ்வதில்லையா? இச்செயல் சாத்தியம்தான் என்று நிரூபிக்க நாம் வேரின் பரப்பு அமிலப் பிரதிச் செயல் கொண்டிருக்கிறது என்பதை நிரூபிக்க வேண்டும். இதற்காக, வேர்த் துண்டின் மீது லிட்மஸ் தாளை வைத்தால் போதுமானது. இத்தாளை இரசாயன அறிஞர்கள் அமிலங்களைக் கண்டுபிடிக்கப் பயன்படுத்துகின்றனர். அமிலங்களின் செயல் காரணமாக இத்தாளின் நீல நிறம் சிவப்பு நிறமாக மாறுகிறது. வேர் முனைகள் நீல லிட்மஸ் தாளில் உண்மையில் சிவப்பு நிறத்தை ஏற்படுத்துகின்றன. இந்த அமிலம் நமது பரிசோதனையில் பயன்படுத்திய அசெட்டிக அமிலம்தான் என்பதற்குச் சில அறிகுறிகள் உள்ளன. மேலும், வேர் தாவரத்தின் ஏனைய பகுதிகளைப் போல் ஒவ்வொரு வினாடியும் சுவாசிக்கிறது. இதனால் அது கார்பனிக அமிலத்தை வெளிவிடுகிறது. இதை முளைக்கும் விதைகள் சுவாசிப்பதைக் காட்டுவதற்காகச் செய்தது போன்ற பரிசோதனை யொன்றின் மூலம் நிரூபித்துக் காட்டலாம். கார்பனிக அமிலம் நீரில் கரையாத பல பொருள்களைக் கரைக்கிறது. உதாரணமாக, மென்மையான தூள் வடிவத்தில் உள்ள சுண்ணும்பு பாஸ்பேட் உப்பு தண்ணீரில் கலக்கப் படுகிறது. இந்த முறையில் கால்ஷியம், பாஸ்வரம் ஆகிய இரு முக்கியமான உணவுப் பொருள்கள் தண்ணீரில் கலக்கப் பட்டு விட்டன. இந்தத் தண்ணீரின் வழியாக கார்பனிக அமிலத்தை நான் செலுத்துகிறேன். வெகு விரைவில் நீரின் கலங்கிய தன்மை மறைகிறது. உப்பு கரைந்துவிட்டது.

எனவே வேர்களுக்கு அமிலப் பிரதிச்செயல் உண்டு. மேலும் அவை கார்பனிக அமிலத்தை வெளி விடுகின்றன. இவ்வமிலம் சுற்றியுள்ள மண் துணுக்குகளின் மீது கரைப்பானுகச் செயலாற்ற வேண்டும். ஏனென்றுல், நாம் ஏற்கனவே கண்டபடி, வேர்த் துய்கள் இத்துணுக்குகளுடன் நெருக்கமாக ஒட்டிக்கொண்டு அனேகமாக இவற்றின் உள்ளேயே வளருகின்றன (படம் 34—D ஐப் பார்க்கவும்). ஆனுல் இது போன்று மறைமுகமாகக் கூறுவதற்குப் பதிலாக, வேர் மண்ணிலுள்ள திடப் பொருள் துணுக்குகளைக் கரைக்கும் கரைப்

பாமுறைகச் செயலாற்றுகிறது என்பதைப் பரிசோதனை மூலமாக நிரூபிப்பது நல்லது. இதற்காக நாம் கவனமாக மெருகிடப் பட்ட சலவைக்கல் துண்டு ஒன்றை எடுத்துக்கொள்ளுவோம். இரசாயன அமைப்பில் சலவைக்கல் என்பது சாக்தான். இதை நாம் தட்டையான பூத்தொட்டியின் அடிப்பகுதியில் புதைத்து வைப்போம். இப்பொழுது தொட்டியில் தாவரம் ஒன்றை, உதாரணமாக அவரையை நடுவோம். அவரைச் செடியின் வேர்கள் விரைவில் சலவைக்கல் துண்டை அடைந்து அத்துண்டின்மேல் படர்ந்து அதன் மெருகிட்ட மேற் பரப்பின் மேல் நெடுக்கமாக அப்பிக் கொள்ளும். சில நாட் கள் சென்ற பின்பு சலவைக்கல் துண்டை எடுத்துக் கழுவி உலர்த்திய பின்பு, சூரிய ஒளிக்கு நேராகப் பிடித்துக்கொண்டு அதைப் பரிசோதித்தால், அதன் பிரதிபலிக்கும் மழமழப் பான பரப்பில் புழுக்கள் போன்ற மங்கலான தடங்களைக் காண்கிறோம். இவை வேரின் தடங்கள். அவை சலவைக்கல் லின் மெருகிட்ட பரப்பின் மீது ஒட்டிக்கொண்டு அமிலத் தின் உதவியால் அதை அரித்துவிட்டன. இதனால் இத்தடங் கள் ஏற்பட்டுள்ளன. இந்தத் தடங்கள் ஆழமானவை அல்ல. இருப்பினும் இவை மிகத் தெளிவாக உள்ளன.[1]

தாவரம் தனக்கு வேண்டிய உணவை மண்ணில் உள்ள திடப்பொருள் துணுக்குகளிலிருந்தும், கரைசல்களிலிருந்தும் பெறுகிறது என்பதில் இதற்குப் பின்பும் ஐயம் இருக்க முடியாது. இந்த உண்மையைக் கீழ்க்கண்ட அக்கறைக்குரிய பரிசோதனை கொண்டு இன்னும் தெளிவாக நிரூபிக்கலாம். நுக்க பருவம் உள்ள ஒரு செடியின் வேர் கவனமாகக் கழுவப் பட்டு இரு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டது. ஒரு பிரிவு நீரினுள் வைக்கப்பட்டது, மற்றொரு பிரிவு மண்ணினுள் வைக் கப்பட்டது, அதற்குத் தண்ணீர் ஊற்றப்படவில்லை. தாவரம் தொடர்ந்து வளர்ந்தது. ஒரு பிரிவின் வழியாக அது தண்ணீ ரை உட்கொண்டது, மற்றொரு பிரிவின் மூலம் மண்ணின் திடத் துணுக்குக்களிலிருந்து தனது ஊட்டத்திற்குத் தேவை யான பொருள்களைப் பெற்றுக்கொண்டது.

---

[1] கரியத் தூளை இந்தத் தடங்களின் மேல் தூவித் தேய்த் தால் அவை இன்னும் துலக்கமாகப் புலனாகும்.

முடிவாக, பாசிக்காளான்கள் போன்ற தாவரங்கள் உள்ளன. இவை வளர்வதற்கு வசதியற்ற இடங்களான பாறைகளின் மீதும், கற்களின் மீதும் நுரையும் கசடும் போல் வளருகின்றன. இவை மெருகிட்ட கண்ணுடிமேல் கூட வளருகின்றன என்று கூறப்படுகிறது. இவை இப்பொருள்களை, தமக்கு வேண்டிய கனியப் பொருள்களைக் கிரகித்துக் கொள்வதன் மூலம், அழித்து விடுகின்றன. அமிலங்கள், முக்கியமாக ஆக்ஸாலிக அமிலம், ஏராளமாக இருப்பது இத்தாவரங்களின் தனிச் சிறப்பு என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

* * *

நமது விரிவுரையின் துவக்கத்தில் எழுப்பப்பட்ட விஞக்களில் மூன்றுவது கேள்விக்கு இப்பொழுது நாம் விடை காண வேண்டும். மண்ணில் வேர்கள் தொடர்பு கொள்ளும் பல்வேறு பொருள்களில் தாவரத்திற்குத் தேவையானதை மட்டும் அவை ஏன் எடுத்துக்கொள்ளுகின்றன? இந்தக் கேள்விக்குரிய விடையைக் காணும் முன் நாம் இவ்வுண்மையையே நன்கு ஆராய்வோம். உதாரணமாக, வெடியுப்பு, சாதாரண உப்பு ஆகியவற்றைக் கலந்து தாவரம் ஒன்றை வளர்த்தால், வேர் வெடியுப்பு முழுவதையும் உறிஞ்சிவிடுகிறது. அது சாதாரண உப்பை ஒன்றுமே செய்வதில்லை. இவ்வுப்பு அதற்குத் தேவையில்லை. இவ்வித உண்மைகள் இதற்கு முன்பு விஞ்ஞானிகளுக்குக் குழப்பம் தந்தன. வேர்கள் வெவ்வேறு பொருள்களுக்குள் வேறுபாடு கண்டுபிடிக்க முடியும் என்றும், அவை ஒரு பொருளை ஏற்றுக் கொண்டும் மற்றொன்றை நிராகரித்தும் தேவையான பொருளைத் தேர்ந்தெடுக்க முடியும் என்றும் தோன்றியது. இவ்விதமாக வேறுபடுத்தும் திறனை எப்படி விளக்குவது? வேருக்குப் பகுத்தறிவு உண்டு என்றே அல்லது இயல்பூக்கம் உண்டென்றே நாம் ஏற்றுக் கொள்ள முடியாது. இதற்குரிய விளக்கம் மிகவும் எளிதானது. இதைப் பற்றிச் சற்று நேரத்திற்கு முன்பு பார்த்தோம். நீங்கள் நமது செயற்கை உயிரணுவைப் பற்றியும், அதன் மீது இரும்பு உப்புக்களின் விளைவைப் பற்றியும் நினைவு வைத்திருப்பீர்கள் என எண்ணுகிறேன் (விரிவுரை II ஐக் காணவும்). இதே போன்று சாதாரண உப்பும், வெடியுப்பும்

...மாக வியாபிக்கின்றன. ஆகையினுல் இவையிரண்டுமே ...ரின் உயிரணுக்களின் உள்ளே செல்லும். அங்கிருந்து ...வரத்தின் பிற பாகங்களுக்குச் செல்லும். ஆனுல் தாவரத் ...ன் உள்ளே இவ்விரு உப்புக்களின் விதி முற்றிலும் வேறு விதமானது. வெடியுப்பு சிதைக்கப்படும். அதில் உள்ள ...நைட்ரஜன் அல்புமினுய்டுகளையும் பிற சிக்கலான ...நைட்ரஜன் கூட்டுக்களையும் உருவாக்கப் பயன்படும்.[1] இந்த ...றுதல் காரணமாக மென்மேலும் வெடியுப்பு தாவரத்தி ...ள் நுழையும். இது தாவரப் பொருளாக மாற்றப்படும். இச்செயல்முறை முடிவில்லாமல் நிகழ்ந்துகொண்டே இருக்கும். சாதாரண உப்பின் விஷயத்தில் நிகழும் செயல் வேறு விதமானது. அது வியாபக விதிகளுக்கு இணங்க, தாவரத்து ...க்கு உள்ளேயும், வெளியேயும் சம அடர்வு உள்ள உப்புக் கரைசல் உருவாகும் வரை தாவரத்தினுள் செல்லும். அடர்வு சமமான பின்பு அதைத் தாவரம் மேற்கொண்டு உறிஞ்சாது. ஏதாவதொரு சந்தர்ப்பவசமாக அதன் அளவு உள்ளே அதிக ...ாகவிருந்து, வெளியே குறைவாகவிருந்தால், அதே வியா ...க விதியின்படி, அதிகப்படியாக உள்ள உப்பு தாவரத்தி ...லிருந்து வெளியே செல்லும். தாவரத்தால் மாற்றித் ...ன்மயமாக்கப்படுகிற, அதற்குத் தேவையான பொருள்கள் ...ட்டும் (நமது பரிசோதனையில் வெடியுப்பு) கரைசலிலிருந்து ஏன் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றன என்பதும் தாவரத்துக்கு உபயோகமற்ற பொருள்கள் (நமது பரிசோதனையில் சாதாரண உப்பு) தொடப்படாமலே, அல்லது இன்னும் சரியாகச் சொன்னுல், அனேகமாகத் தொடப்படாமலே ...ங்கிவிடுகின்றன என்பதும் இப்போது தெளிவாகின்றன.

ஆகையினுல் வேரின் வேறுபடுத்தும் தன்மையை விளக்கப் பகுத்தறிவு, பழக்க வழக்கம், ருசி அல்லது இயல் ...க்கம் போன்றவற்றைக் கற்பித்துக்கொள்ள வேண்டிய அவசியமே இல்லை. இதற்கு சாதாரணமான பௌதிக விதிகளே போதும்.

---

[1] இதை நாம் உரிமையுடன் வலியுறுத்தலாம். ஏனெனில் ...நைட்ரஜனைக் கொடுக்கும் ஒரே மூலமாக வெடியுப்பை ...ட்டும் பயன்படுத்தி நாம் தாவரத்தை வளர்க்க முடியும்.

வேரை நாம் இங்கு விட்டுவிட்டு அடுத்த அதிகாரத்தில் மற்றொரு உறுப்பான இலைக்குச் செல்ல வேண்டும். இது போன்ற பொருள் செறிந்த விஷயத்தை ஒரு சிறிய அதிகாரத் தினுள் முடிப்பது என்பது கடினம்தான். ஆனால் நாம் கற்றுக் கொண்டவற்றிலிருந்து வேரின் வாழ்க்கையைப் பற்றிய பொதுவான கருத்து நமக்குக் கிடைக்கிறது என்று நான் நினைக்கிறேன். இது மிகக் குறைவான இடத்தில் பல மைல் தூரம் செல்லுகிறது. தனது கோடிக்கணக்கான துய்களின் உதவியால் மண்ணை உறிஞ்சி, சுரண்டி, அரித்து, அதில் மிக அரிதாகச் சிதறியுள்ள நைட்ரஜன், சாம்பலில் உள்ள மூலகங்கள்—எவை இன்றித் தாவரம் வாழ்வதே இயலாதோ அந்த எட்டு மூலகங்கள்—ஆகியவற்றை உட்கொள்கிறது.

V

இலை

இலையின் வேலை. இலை தன்மயமாக்கும் ஊட்டப் பொருள். இலையும் கார்பனிக அமிலமும். இலையின் கட்டமைப்பு. ஆக்ஸிஜன் வெளியேற்றப்படுதல். தண்ணீரில் கார்பனிக அமிலம் சிதைதல். இந்தப் பரிசோதனையின் கண்கூடான வடிவம். கார்பனிக அமிலம் வாயுக்களின் செயற்கைக் கலவையிலும் வளிமண்டலக் காற்றிலும் சிதைதல். பசுங்கணிகத்தில் கார்போஹைடிரேட் (ஸ்டார்ச்) உருவாதல். சக்தி மாற்றத்தின் அடிப்படையிலிருந்து கார்பனிக அமிலத்தின் சிதைவு. அங்ககப் பொருள்களால் தாவரத்தின் ஊட்டம். காளான்களும் ஒட்டுண்ணிகளும். இலையின் உடலியல் வேலைகள்.

இவ்விரிவுரையில் இலையின்வாழ்க்கையைப்பற்றிப் பொதுவாகக் காண்போம். கடந்த விரிவுரைக்கு எடுத்துக்கொண்ட விஷயத்தை விட இப்பொழுது கையாளப் போகும் விஷயம் சிக்கலானதும் கடினமானதும் ஆகும். ஏனெனில் விஞ்ஞானம் தெரியாதவர்கள் தாவரத்தின் மற்ற எந்த உறுப்பையும்விட இலையைப் பற்றி அதிகக் குழப்பமான கருத்தைக் கொண்டுள்ளனர். இதைப் போல் புறக்கணிக்கப்பட்ட தாவர உறுப்பு வேறெதுவுமே இருக்க முடியாது. பதினெட்டாவது நூற்றாண்டின் கடைசி வரை மக்கள் இலையின் நேரடி உபயோகங்கள் எதையுமே ஒப்புக்கொள்ளவில்லை. வேர் தாவரத்தின் ஊட்ட உறுப்பு என்றும் பூவும், விதையும் தாவரத்தின் இனவிருத்தி

உறுப்புக்கள் என்றும் அவர்கள் மிகத் தொன்மைக் காலம் முதலே சந்தேகமில்லாமல் ஒப்புக்கொண்டனர். ஆனால் இலை வெறும் அழகுக்கு மட்டும்தான் உள்ளது, உபயோகமற்றது என்ற கருத்துதான் இருந்து வந்தது. மிக மிக அதிகமாய்ப் போனால் அது விஷவாயுக்களை வெளியேற்றுவதற்கான உறுப்பு என்று மட்டுமே கருத அவர்கள் இசைந்தனர். இருப்பினும், தாவரத்தின் ஊட்டத்திற்கு வேரைப் போல் இலையும் அவசியமான உறுப்பு என்பதை விரைவில் காண்போம். மேலும், எடையளவிலும் பண்பளவிலும் தாவரத்துக்குத் தேவையான அடிப்படை உணவை இலைதான் பெற்று அளிக்கிறது. தாவரத்தின் வாழ்க்கையின் சாரமாக இலை விளங்குகிறது என்று கூறலாம்.

இலை, அதன் முக்கியத்துவம் ஆகியவை பற்றி நீண்ட காலமாக நிலவிவந்த தவறுதலான கருத்துக்குக் காரணம், இந்த உறுப்பில் நடைபெறும் ஊட்டச் செயல்முறையின் சிறப்புப் பண்புதான். ஊட்டச் செயல்முறையைப் பற்றிப் பேசும்பொழுது நமக்கு இயல்பாக விலங்குகளின் ஊட்டச் செயல்முறை நினைவிற்கு வருகிறது. இவற்றின் ஊட்டச் செயல் முறையிலிருந்து இலையின் முறை, உண்ணும் உணவு, அவற்றை உட்கொள்ளும் முறை ஆகிய எல்லாவற்றிலும் முற்றிலும் வேறுபட்டிருக்கிறது. இவ்வித வேறுபாடுகள் இருப்பதினால்தான் இச்செயல்முறைகள் தாவர வாழ்க்கையின் முக்கியமான, சிறப்பான பண்பாக விளங்குகின்றன.

எவ்விதப் பொருள்களை இலை உணவாக உட்கொள்கிறது என்பது பற்றி ஓரளவிற்கு நமக்கு ஏற்கனவே தெரியும். இவை உண்மையில் தாவரத்தின் அமைப்பில் பங்கு பெறும் மூலகங்களாகத்தான் இருக்க வேண்டும். ஆனால் இவை வேரினால் உட்கொள்ளப்படாதவையாக இருக்க வேண்டும்.

நாம் கடந்த அதிகாரத்தில் பதினொரு மூலகங்களைப் பற்றிக் கூறினோம் (பன்னிரண்டாவது மூலகமான ஸிலிக்கன் உபயோகமற்றது என்று நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது). சாம்பலின் ஏழு மூலகங்களான பாஸ்வரம், கந்தகம், குளோரின், பொட்டாசியம், கால்ஷியம், மாக்னிஷியம், இரும்பு ஆகியவையும் நைட்ரஜனும் வேரின் வழியாக வருகின்றன. ஹைட்ரஜனும்

ஆக்ஸிஜனும் கொண்ட தண்ணீரும் இதே பாதையின் வழி யாகத்தான் வருகிறது. கார்பன் எஞ்சியுள்ளது. இதுதான் எல்லா அங்ககப் பொருள்களுக்கும் அடிப்படை. இதுவரைக் கும் நாம் தாவரங்களின் செயற்கைச் சாகுபடிகளில் கார் பனைப் பற்றிக் கவலைப்படவில்லை. இருப்பினும் இவற்றில் நாம் பரிசோதனைக்கு எடுத்துக்கொண்ட விதைகளை விடப் பல் லாயிரக்கணக்கான மடங்கு அதிகம் கார்பன் உள்ளது. எடை யடிப்படையில் பார்க்கும்பொழுது தாவரத்தின் அமைப்பில் மிக முக்கியமானது கார்பன் (கிட்டத்தட்ட 45 சதவீதம்). ஆயினும் நாம் இதனை வேருக்குப் போடாதது மட்டுமல்ல, வேரைச் சூழ்ந்துள்ள மண்ணிலிருந்து இதை முறைப்படி நீக்கியும் வந்திருக்கிறோம். அதாவது வேரின் மூலமாகக் கார்பனை உட்கொள்ளாமலேயே தாவரம் உயிருடன் இருக்க முடியும் என்பது இதிலிருந்து வெளியாகிறது.

வாழ்க்கைக்குரிய இயல்பான சூழ்நிலைகளில் கார்பனைத் தாவரங்கள் பெறுகின்ற வழியைக் காட்டுவதற்கு இம்முறை கள் போதுமானவையல்ல. தாவரம் வேரின் மூலமாகக் கார்பனை உட்கொள்ளாமல் இருக்க முடியும் என்பது தாவரத் துக்குக் கார்பனை உட்கொள்ளும் திறன் இல்லை என்பதிலிருந்து வேறுபட்டது. இருப்பினும் இத்தவறு அடிக்கடி ஏற்படுகிறது. மண்ணில் உள்ள அங்ககப் பொருள்களிலிருந்து தாவரம் கார்பனைப் பெற முடியாது என்பது இன்னும் நிரூபிக்கப்பட வில்லை. இதைப் பற்றி விவாதித்தால் நாம் நமது விஷயத்தி லின்றும் வெகு தூரம் விலகிச் சென்றுவிடுவோம். மேலும் இது அவ்வளவு ஆர்வமூட்டும் விவாதமும் அல்ல. ஏனென்றால், இந்த முறையில் கிடைக்கும் கார்பன் தாவரத்தின் வாழ்க்கை யில் ஏதாவதொரு பங்கு பெறுமானால், அது மிகவும் குறை வானதே. இதிலும் நாம் அதிகக் கவனம் செலுத்த வேண்டிய தில்லை. மண்ணிலுள்ள அங்ககப் பொருள்களிலிருந்து மட்டுமோ, பிரதானமாகவோ தாவரங்கள் கார்பனைப் பெறு மானால், இச்செயல் நிகழும் பொழுது மண்ணில் உள்ள தாவரங் களின் உற்பத்திப் பொருள்கள் அடிக்கடி ஒழுங்காக அகற்றப் படுகின்றபடியால் தாவர வர்க்கங்கள் நிறைந்துள்ள மண் நாளடைவில் மட்கு குறைந்ததாகி விடும். மாறாக தானிய வயல்கள், மேய்ச்சல் நிலங்கள், சோலைகள் ஆகியவை

போலச் சாகுபடிக்கு உட்படுத்தப்பட்ட நிலம் அதிக மட்கு உள்ளது என்று அன்றாட அனுபவம் காட்டுகிறது. நமது வயல்களில் சாகுபடி செய்யும்பொழுது உரத்தின் வடிவில் போடுவதை விட அதிக அளவு அங்ககப் பொருள்களை விளைச்சலின் வடிவில் வயலிலிருந்து நாம் பெறுகிறோம். இருப்பினும் மிகவும் கவனமாக உரமிடப்பட்ட மண்ணில் மட்கு அதிகரிக்கிறது. எனவே தாவரங்கள் மண்ணில் உள்ள அங்ககப் பொருள்களைக் குறைப்பதில்லை, அதிகரிக்கத்தான் செய்கின்றன என்பது தெளிவாகிறது. ஆகையினால் எந்த வகையில் பார்த்தாலும் தாவரங்கள் கார்பன் பெறுவதற்கான பிரதான மூலம் மண்ணில் இருக்க முடியாது. மண்ணில் இல்லை என்றால் அந்த மூலம் காற்றில் இருக்க வேண்டும். அவ்வாறாயின், முழுக்க முழுக்கத் தரைக்கு மேலுள்ள உறுப்பான இலையின் வாயிலாகவே கார்பன் உட்கொள்ளப்படுகிறது போலும். காற்றில் உள்ள கரிம உணவின் மூலம் யாது, தாவரம் அதை எவ்வாறு பெறுகிறது என்பனவற்றை இப்பொழுது காண்போம்.

நைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் தவிர வாயுமண்டலக் காற்றில் கார்பனிக அமிலமும் உள்ளது. இது மிகச் சிறு அளவினதாக—பத்தாயிரத்தில் சில பகுதிகளாக—இருக்கிறது. இந்த வாயு நிறமற்றது. தோற்றத்தில் இதைக் காற்றிலிருந்து வேறுபடுத்திக் கண்டுபிடிக்க முடியாது. எனினும் இது கார்பனும் ஆக்ஸிஜனும் சேர்ந்த கூட்டு. இக்கூற்றின் உண்மையை யாருமே மறுக்க மாட்டார்கள் என நான் நம்புகிறேன். இருப்பினும் ஒவ்வொரு உண்மைக்கும் போலவே இதற்கும் சான்றை நாம் முடிந்தவரையில் கண்கூடாகக் காண வேண்டும். இந்த விஷயத்தில் இது முடியக் கூடியதே. கார்பனிக அமிலத்தில் கார்பன் இருப்பதைக் கண்டுபிடிக்க நாம் அதிலிருந்து ஆக்ஸிஜனை நீக்க வேண்டும். ஆக்ஸிஜனுடன் இன்னும் அதிக பலமான உறவு கொள்ளும் பொருளுடன் அதைக் கூடச் செய்வதன்மூலம் இதை நிறைவேற்ற முடியும். இதுபோன்ற தன்மையுள்ளது மாக்னிஷியம் என்ற உலோகம். இவ்வுலோகக் கம்பி கண்ணைக் கூசச் செய்யும் பிரகாசத்துடன் எரிகிறது. இந்தக் கம்பியில் ஒரு துண்டிற்குத் தீப்பற்ற வைத்து, அதைக் காற்றுள்ள ஜாடி ஒன்றினுள் நான் நுழைக்கிறேன். கம்பி

எரிந்து விடுகிறது. ஜாடியின் அடிப்பகுதியில் வெண்ணிறச் சாம்பல் கிடைக்கிறது. இது மக்னீசியா. இது மாக்னிஷிய உலோகம், ஆக்ஸிஜன் ஆகியவற்றின் கூட்டு. இந்தச் சோதனையை மறுபடி செய்து கார்பனிக அமிலத்தால் நிரம்பியுள்ள ஜாடியில் எரியும் மாக்னிஷியக் கம்பியை நுழைக்கிறேன். இப்பொழுது அது கார்பனிக அமிலத்திலிருந்து ஆக்ஸிஜனைப் பிரித்து எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். அப்போது கார்பன் வெளிப்படும். ஆனால் இம்முறை அது அவ்வளவு அமைதியாக எரியாமல் அனேகச் சிறு வெடியதிர்ச்சிகள் ஏற்படுவது போலச் சடசடக்கிறது. கண்ணாடிப் பாத்திரத்தின் சுவர்களில் கரு நிறப் புகைக்கரி படிகிறது. இது விடுவிபட்ட கார்பன்.

எனவே கண்ணுக்குத் தெரியாத வடிவத்தில் வாயு மண்டலத்தில் ஏராளமான அளவு கார்பன் எப்போதும் உள்ளது.

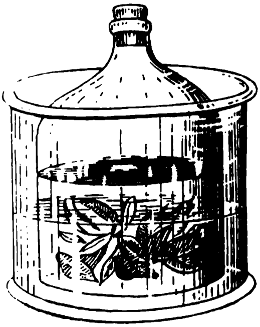
காற்றுடன் தொடர்புள்ள எல்லா வகைத் தண்ணீரிலும் கார்பனிக அமிலம் உள்ளது. இதனால் நீரினுள் மூழ்கியுள்ள தாவரங்கள் கார்பனிக அமிலத்தைப் பெற முடிகிறது. நீரினுள் மூழ்கியுள்ள தாவரத்தை வைத்துப் பரிசோதனை செய்வதன் மூலம் இலைக்கும் அதன் சுற்றுப் புறத்திற்குமிடையே நிகழும் பரஸ்பர வாயுப் பரிமாற்றத்தை நாம் நிரூபிக்க முடியும். சூரிய வெளிச்சம் உள்ள எந்த நாளிலும் செய்யக் கூடிய சில பரிசோதனைகளை நாம் செய்து பார்ப்போம்.

சில இலைகளை நாம் எடுத்துக்கொள்வோம். அவை வாடாமல் இருக்கும்பொழுதே, அவற்றை முழுவதும் நீர் நிரம்பிய மணி ஜாடி ஒன்றில் இட்டு இதை மற்றொரு கண்ணாடித் தொட்டியில் கவிழ்த்து வைப்போம் (படம் 35). இவை இரண்டும் கொள்ளக் கூடிய நீர் நிறைந்த வாளியில் இவற்றை வைப்போம். சாதாரணத் தண்ணீரையோ அல்லது கார்பனிக அமிலம் செலுத்தப்பட்ட நீரையோ நாம் பயன்படுத்தி இவ்வுபகரணத்தை வெயிலில் வைத்தால், இலைகளின் கீழ்ப் பரப்பில் வெள்ளிய குமிழிகளின் படிவு உருவாவதைக் காண்போம். சிறிது நேரம் சென்ற பின்பு மணி ஜாடியின் மேல் பகுதியில் நிறைய வாயு சேரும், அதிகப்படியான தண்ணீர் படம் 35ல் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் வெளிப் பாத்திரத்திற்குச் செல்லும்.

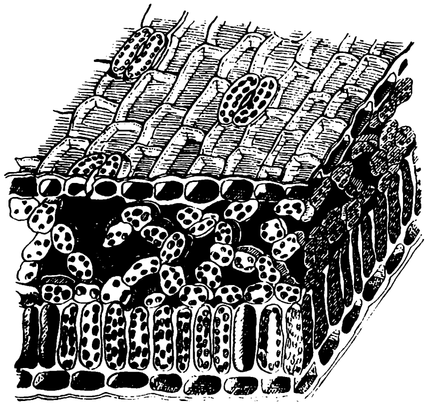
இதே பரிசோதனையை நாம் கொதிக்க வைக்கப்பட்ட தண்ணீர், அல்லது கார்பனிக அமிலம் நீக்கப்பட்ட தண்ணீரைக் கொண்டு செய்வோம். இப்பொழுது எந்த வித மான வாயுக் குமிழியையும் பார்க்க முடியவில்லை. கார்பனிக அமிலம் உள்ள தண்ணீரில் தான் இலைகள் வாயுவை வெளி விடுகின்றன என்ற முடிவுக்கு வருகிறோம்.

இலையின் கீழ்ப் பரப்பிலிருந்துதான் வாயுக் குமிழிகள் வெளிவிடப்படுகின்றன என்பதைக் காணும்பொழுது நமக்கு வியப்பாக இருக்கிறது. ஆனால் இலையின் நுணுக்கமான கட்ட மைப்பைப் பற்றி அறிந்துகொண்ட பின்பு இந்நிகழ்ச்சி நமக்கு விளங்கி விடுகிறது. இலையில், குறிப்பாக இலை அலகில், எளிதில் துலங்கும் இரு வேறு பகுதிகளை நாம் காண்கிறோம். இலை நரம்புகள் அல்லது சிரைகள் ஒரு பகுதி. மற்றொன்று அவற்றிற்கு இடையே உள்ள ஆதரவுத் திசு. இன்னும் சற்று நுணுக்கமாகப் பரிசோதித்தால் இலையின் மேல், கீழ் பரப்புகள் புறத்தோல் என்னும் திசு அடுக்கால் ஆக்கப்பட்டிருப்பதைக் காண்கிறோம். இப்புறத்தோலை எளிதாக உரித்து விடலாம். இலையைத் தண்ணீரில் ஊற வைத்து அதைப் பதப்படுத்தி னால், அதை நாம் மூன்று அடுக்குக்களாகப் பிரிக்கலாம்: மேல்புறத் தோல், நடுப் பகுதி, கீழ்புறத் தோல். ஆதரவுத் திசுவையும், நரம்புகளையும் பெற்றுள்ள நடுப்பகுதியிலிருந்து ஆதரவுத் திசுவை மெதுவான பிரஷ் ஒன்றினால் ஜாக்கிர தையாக அடிப்பதன் மூலம் பிரித்து விடலாம். இதன் பின்பு சிலந்திவலை போல் பின்னியுள்ள அழகிய நரம்பு வலை ஒன்று கிடைக்கும். இது ஒளி ஊடுருவும் தன்மையுள்ளது. இலையின் இப்பகுதியின் கட்டமைப்பைப் பின்பு காண்போம். இப் பொழுது நாம் ஆதரவுத் திசு, புறத்தோல் ஆகியவை பற்றிக் கவனிப்போம். புறத்தோலில் ஒரு அடுக்கு உயிரணுக்கள் தாம் உண்டு. இவை ஒரே தளத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஆதரவுத் திசுவில் நுண் துளைகளுள்ளன, இது பஞ்சுபோன்றது. இதில் காற்று நிறைந்த கணிசமான இடைவெளிகள் உள்ளன. இவ்விதக் காற்று இடைவெளிகள் இருப்பதனால் இலைகள் தண்ணீரில் மிதக்கின்றன. ஆனால் இவற்றில் உள்ள காற்று முழுவதையும் தண்ணீருக்குள் நாம் நீக்கிவிட்டால் இலைகள் மூழ்கிவிடும். அதே சமயத்தில் இலைகளின் நிறம்

..மையாகிவிடும், இவை இன்னும் அதிகமாக ஒளி ஊடுருவும் தன்மை பெறும். ஏனென்றால் உயிரணுக்களுக்கு இடையே காற்று இருந்த இடத்தில் தண்ணீர் இருக்கிறது. இந்த அடிப்படை விளக்கத்திற்குப் பின்பு இந்த வரைப் படத்தை நாம் எளிதாகப் புரிந்துகொள்வோம். இப்படத்தில் நரம்புகளுக்கிடையே சதுரமாக வெட்டப்பட்டுள்ள இலைத் துண்டு பெரிதுபடுத்திய, ஓரளவு திட்ட வரைப்பட வடிவத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது (படம் 36). இங்கு குறுக்கு வெட்டுத்



படம் 35



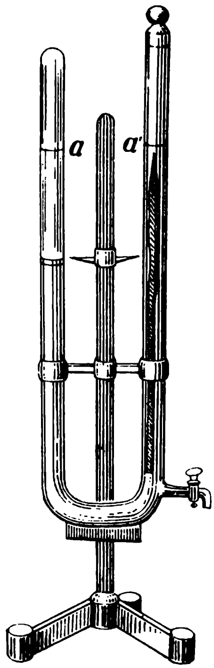
படம் 36

தோற்றமும், நீளப் போக்குத் தோற்றமும் காட்டப்பட்டுள்ளன, இலையின் அடிப்பரப்பும் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆதரவுத் திசுவில் இரு விதமான உயிரணுக்கள் உள்ளன. இலையின் மேற்பகுதியில் உயிரணுக்கள் சிலிண்டர் வடிவத்தில் உள்ளன. இவை கிராதித்தூண்கள் போல அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இவை இலையின் பரப்பிற்குச் செங்குத்தாக உள்ளன. இலையின் மற்றப் பகுதிகளில் உள்ள உயிரணுக்கள் வெவ்வேறானவை, ஒழுங்கற்ற வடிவம் பெற்றவை. இவற்றிற்கு இடையே அகன்ற இடைவெளிகள் உள்ளன. ஆதரவுத் திசுவில் உள்ள எல்லா உயிரணுக்களிலும், முக்கியமாகக் கிராதி அடுக்கிலும், நுணுக்கமான பச்சைக் கணிகங்கள் உள்ளன. இவற்றைப் பற்றி நாம் சற்று பின்பு விளக்குவோம். ஆனால் இங்கு

ஒரு விஷயத்தை மட்டும் கூறி விடுவோம். ஏனைய பச்சை யான பகுதிகளைப் போல, இலையும் உண்மையில் நிறமற்றது தான். அதில் பச்சை நிறம் ஏற்படுவதற்குக் காரணம் இந்தக் கணிகங்கள் ஆகும். இங்கு நாம்,வெளிப்படையாகவும், குறுக்கு வெட்டிலும் காணும் புறத்தோலில் தட்டையான, சற்று நீண்ட சதுரமான ஒரே வரிசையான உயிரணுக்களைக் காண்கிறோம். இலையின் கீழ்ப் பரப்பில், இந்த உயிரணுக்களுக்கு இடையே தனிப்பட்ட வடிவமுள்ள உறுப்புக்கள் இருக்கின் றன. இவற்றில் ஒன்று, வெட்டு விளிம்பின் முனையில் பாதியாக வெட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் இரு உயிரணுக்கள் இருப்பதை நாம் காண்கிறோம். இந்த உயிரணுக்கள் வில்போல் வளைந்துள் ளன. இவை நீண்ட திறப்பு ஒன்றை அவற்றிற்கு இடையே உருவாக்குகின்றன. இவை இலையின் கீழ்ப் பரப்பில் காற்றுப் போக்கிகள் போன்று பயன்படும் திறப்புகள். இவை வெளிக் காற்றை இலையினுள் கொண்டுவருகின்றன. இவை **இலைத் துளைகள்** எனப்படுகின்றன. இவை மிக அதிகமாக இருக் கின்றன. ஒரு லைம் இலையில் **பத்து லட்சத்துக்கு மேற்பட்ட இலைத் துளைகள்** இருக்கின்றன. இந்த எண்ணிக்கையைக் கேட்டு நீங்கள் சந்தேகமடைய வேண்டாம்.ஏனென்றால் இலைத் துளை களை எண்ணுவது எளிதானதும் திட்டவட்டமானதும் கூட. இந்த உறுப்பு முதன்மையாக இலையின் கீழ்ப் பரப்பில் இருப் பதனால், மேலே கூறப்பட்டுள்ள பரிசோதனையில் ஏன் பெரும் பாலும் இலையின் அடிப்பரப்பில் வாயு வெளியேறுகிறது என்பதை நாம் புரிந்துகொள்ள முடிகிறது. இந்த இலைத் துளைகளைப் பற்றிப் பின்பு கூறுவோம்.

சூரிய ஒளி இலையின் மீது செயல் புரியும் பொழுது, அதிலிருந்து எவ்வித வாயு வெளியிடப்படுகிறது என்று காண்போம். இதற்காகப் போதுமான அளவு வாயு மணி ஜாடியில் (படம் 35) சேரும் வரை நாம் காத்திருக்க வேண்டும். பின்பு நாம் மணி ஜாடியில் உள்ள தக்கையை எடுத்து விட்டு, அதனுள் லேசாக எரிந்துகொண்டிருக்கும் கொள்ளிக் குச்சியை நுழைக்கிறோம். இது உடனே பிரகாசம் அடைந்து குப்பென்று எரிகிறது. இதிலிருந்து நாலா பக்கங் களிலும் பொறிகள் சிதறுகின்றன. இது ஆக்ஸிஜனுக்குரிய வழக்கமான பரிசோதனை. ஆகையினால் இலையிலிருந்து

வெளிப்படும் வாயு ஆக்ஸிஜன் அல்லது அங்கு வெளிப்பட்ட வாயுவில் ஆக்ஸிஜன் அதிகம் உள்ளது. தண்ணீரில் கார்பனிக அமிலம் கரைந்திருக்கும்பொழுது இந்தப் பரிசோதனை வெற்றிகரமாக நிகழுகிறது என்பதை நாம் ஏற்கனவே பார்த்துள்ளோம். கார்பனிக அமிலம் இருப்பதற்கும் ஆக்ஸிஜன் உருவாவதற்கும் ஏதாவதொரு தொடர்பு இருக்கிறதா? உண்மையில், நமது பரிசோதனை இந்தக் கேள்விக்குத் தகுந்த விடை அளிக்கவில்லை. கார்பனிக அமிலத்திற்கு என்ன ஏற்பட்டுள்ளது என்பதைக் கண்டுபிடிக்க நாம் மற்றொரு பரிசோதனையைச் செய்ய வேண்டும். குதிரை லாட வடிவத்தில் உள்ள, ஒரு முனையில் திறப்பில்லாததும் மறு முனையில் அடைப்பானால் மூடப்பட்டதுமான குழாய் அமைந்த உபகரணம் (படம் 37) ஒன்றை நாம் எடுத்துக்கொள்வோம்.[1] இந்தக் குழாயில் நாம் சிறிதளவு தண்ணீர் விட்டு, இடது பக்கத்தில் உள்ள மூடிய முனையுள்ள குழாயில், தாங்கியில் இருக்கும் அசையக் கூடிய காட்டிக்கு நேராக உள்ள இடம் வரை, கார்பனிக அமிலத்தைச் செலுத்துவோம் (படத்தில் காட்டியுள்ள படி). தானியச்செடி ஒன்றின் நீண்ட இலையை வலது பக்கத்தில் உள்ள திறந்த குழாயில் புகுத்துவோம். இக்குழாயை முழுவதும் தண்ணீரால் நிரப்பிய பின்பு, அடைப்பானால் மூட வேண்டும். அடைப்பானுக்கு அடியில் காற்றுக் குமிழிகள் இல்லாமல் பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும். இப்பொழுது



படம் 37

[1] இதற்கு ஹாஃப்மான் உபகரணம் எனப் பெயர். இது இரசாயனச் செய்முறைப் போதனைகளில் அதிகம் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

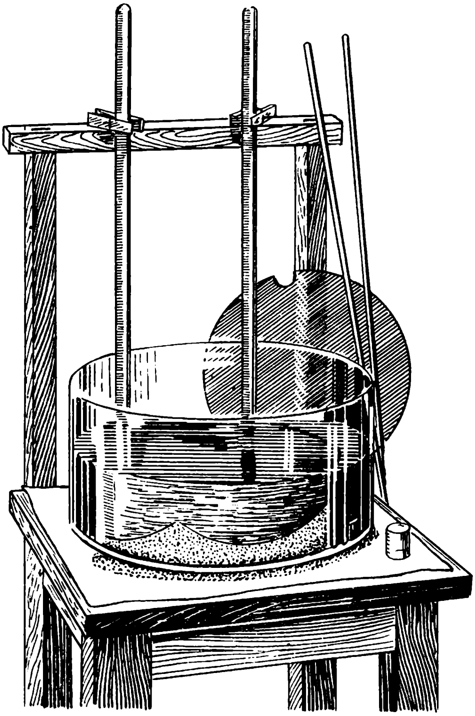
இவ்வுபகரணத்தை வெளிச்சத்தில் வைப்போம். இதற்கு முன்பு நிகழ்ந்தது போல் இலையைச் சுற்றிச் சிறு குமிழிகள் தோன்றுகின்றன. இவை குறிப்பிட்ட வடிவம் அடைந்த பின்பு குழாயின் மேற்பகுதிக்கு வருகின்றன. இங்கு தென்படக் கூடியதும் இடைவிடாது அதிகரிப்பதுமான அளவில் வாயு சேருகிறது. வலது பக்கத்தில் உள்ள குழாயில் வாயுவின் கன அளவு கூடக் கூட, இடது பக்கத்தில் உள்ள குழாயில் கார்பனிக அமிலத்தின் கன அளவு குறைந்து கொண்டே வருகிறது. வலது பக்கத்தில் தண்ணீரின் மட்டம் a' என்ற புள்ளியை அடையும்பொழுது இடது பக்கத்தில் அதன் மட்டம் a என்ற புள்ளியில் இருக்கும். வலது பக்கத்தில் உள்ள வாயு ஆக்ஸிஜன். இதை உறுதியாகக் கண்டுபிடிக்க நாம் அடைப்பானை நீக்கிவிட்டு கொள்ளிக் குச்சியின் உதவியால் இந்த வாயுவைச் சோதித்துப் பார்க்கலாம். இது ஆக்ஸிஜன் என்று நிரூபித்த பின்பு, நாம் குழாயில் மறுபடியும் தண்ணீர் நிரப்பி பரிசோதனையைத் திரும்பச் செய்கிறோம். இப்பொழுதும் குறிப்பிட்ட அளவு ஆக்ஸிஜன் நமக்குக் கிடைக்கிறது இதற்குச் சம அளவு கார்பனிக அமிலம் குறைகிறது. இது கார்பனிக அமிலம் என்பது நமக்குத் திட்டமாகத் தெரியும். ஏனென்றால், இதை நாம்தான் குழாயினுள் செலுத்தினோம். ஆனால் இதே போன்ற பல பரிசோதனைகளுக்குப் பின்பு குழாயின் வலது பக்கத்தை தண்ணீரால் நிரப்புகிறோம். அதை மூடுகிறோம். இப்பொழுது குழாயைத் தலை கீழாகக் கவிழ்த்திப் பிடிக்கிறோம். இதன் மூலம் இடது பக்கத்தில் உள்ள வாயு வலது பக்கத்திற்கு வருகிறது. இந்த வாயுவைச் சோதித்தால், இதில் கொள்ளிக் குச்சி மூண்டெரிவதில்லை; அது மட்டுமின்றி எரியும் குச்சிகூட அணைந்து விடுகிறது என்பதைக் காண்கிறோம். இதன்மூலம் இந்த வாயு கார்பனிக அமிலம்தான் என்பது தெளிவாகிறது. இப்பரிசோதனையில் என்ன நிகழ்ந்தது என்பது தெளிவாக விளங்குகிறது. குழாயின் இடது பக்கத்தில் உள்ள தண்ணீரில் கார்பனிக அமிலம் தொடர்ந்து கரைகிறது. ஆனால் வலது பக்கத்தில் இந்தக் கரைசல் இலையின் செயலால் சிதைக்கப்படுகிறது. இதன் மூலம் ஆக்ஸிஜன் வெளிவிடப்படுகிறது. இதையொட்டி மென்மேலும் கார்பனிக அமிலம் நீரில் கரைகிறது.

இப்பரிசோதனை, கார்பனிக அமிலம் குழாயின் ஒரு பகுதியி லிருந்து மற்ெருரு பகுதிக்கு இலையின் அருகாகச் செல்லும் பொழுது ஆக்ஸிஜனுக மாறுகிறது என்பதைத் துல்லியமாக இல்லாவிட்டாலும் தெளிவாகக் காட்டுகிறது. இந்தச் சிதை யும் செயல் முறையின் பொழுது, சிதைக்கப்பட்ட கார்பனிக அமிலத்தின் கன அளவு, வெளிவிடப்பட்ட ஆக்ஸிஜனின் கன அளவிற்குச் சமம் என்பது தெளிவாகிறது. இரசாயனத் திலிருந்து கார்பன் ஆக்ஸிஜனில் எரியும்பொழுது கார்பனிக அமிலம் உருவாகிறது என்பதை நாம் அறிந்துகொள்கிருேம். இவ்வாறு நிகழும் பொழுது ஒரு குறிப்பிட்ட கன அளவு ஆக்ஸிஜன் அதற்குச் சம கன அளவுள்ள கார்பனிக அமிலத் தைத்தான் உருவாக்குகிறது. நமது பரிசோதனையில் கார்பனிக அமிலம் முழுவதும் சிதைக்கப்பட்டுவிட்டது. அதில் உள்ள ஆக்ஸிஜன் முழுவதும் வெளிப்படுத்தப்பட்டுவிட்டது. அதில் இருக்கும் கார்பன் தாவரத்தில் மிஞ்சியிருக்கிறது.

இந்தப் பரிசோதனையை ஆம்பல் செடியின் அகன்ற மிதக்கும் இலையைக் கொண்டு இன்னும் திருப்திகரமாகச் செய்யலாம். நீர்த் தாவரங்களின் சிறப்புப் பண்பு என்ன வென்ருல் அவற்றின் இலைத்துளைகள் யாவும் காற்றுடன் தொடர்புள்ள இலையலகின் மேற்பரப்பில் தான் உள்ளன. இந்த அலகுகளின் காற்றறைகள், அவற்றின் காம்புகளின் காற்றறைகளின் தொடர்ச்சியாக அமைந்துள்ளன.

இது போன்ற இலை ஒன்றை அகன்ற பாத்திரம் ஒன்றில் மிதக்க விடுகிருேம். அதன் காம்பை அளவீடுகள் குறியிடப் பட்டுள்ள, தண்ணீர் நிரம்பிய குழாயினுள் செலுத்துகிருேம். இந்தக் குழாயை நேராகப் பிடித்திருக்கும்பொழுது வெட்டப் பட்ட காம்பிலிருந்து காற்றுக் குமிழிகள் வெளிவருகின்றன. இவை, குழாயினுள் இருக்கும் நீர் மட்டமும் பாத்திரத்தில் உள்ள நீர் மட்டமும் சமமாகும் வரை, குழாயினுள் சேருகின்றன. இலைத்துளைகளின் வழியாக இலைக்குள் வரும் காற்றுக் குமிழிகள் குழாயினுள் மேல் நோக்கிச் செல்வதி லிருந்து குழாயினுள் தண்ணீரின் மட்டம் வெளிப் பாத்திரத் தில் உள்ளதைவிட உயர்ந்திருக்கும் பொழுது காம்பின்மீது உள்ள அழுத்தம், பாத்திரத்தில் மிதந்து கொண்டிருக்கும் இலை அலகின் மீது உள்ள அழுத்ததைவிடக் குறைவாயிருக்

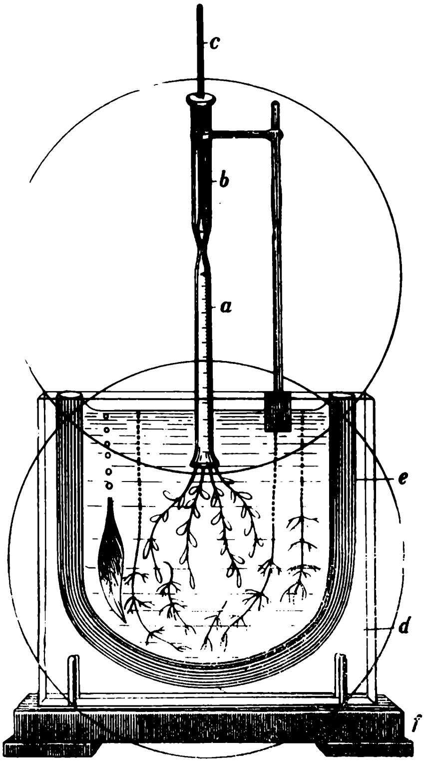
கிறது என்பது தெரிகிறது. இப்பொழுது நாம் குழாயை மறுபடியும் நிரப்புகிறோம். குழாயினுள் காம்பை நுழைக்கிறோம். ஆனால் இலையலகை வட்ட வடிவமான கண்ணாடி ஒன்றின் உதவியால் பாத்திரத்தின் அடிப்பகுதிக்குத் தாழ்த்தி விடுகிறோம். இந்தக் கண்ணாடியில் காம்பைச் செலுத்து



படம் 38

வதற்கு வட்ட வடிவத் துளை ஒன்று படத்தில் காட்டியபடி உள்ளது (படம் 38). இத்தட்டு படத்தில் பின் பக்கத்தில் உள்ளது. இப்பரிசோதனையைக் கொதிக்க வைக்கப்பட்ட, அதாவது கார்பனிக அமிலத்தின் சுவடே இல்லாத தண்ணீரைக் கொண்டு செய்யத் தொடங்குவோம். இப்பொழுது எதுவும் நடைபெறுவதாகத் தெரியவில்லை. இதன்

பின்பு கார்பனிக அமிலம் நிரம்பிய கனிய நீரை இத்துடன் சேர்க்கிறோம். பாத்திரத்தை அட்டைத் துண்டு ஒன்றால் மூடுகிறோம். இப்பொழுதும் எதுவும் நிகழ்வதாகத் தெரியவில்லை. ஆனால் அட்டையை எடுத்துவிட்டு உபகரணத்தைச் சூரிய ஒளிக்கு நேராக வைத்தால் தொடர்ச்சியாக



படம் 39

வாயுக் குமிழிகள் வெளிவருகின்றன. இந்த வாயுவைச் சேகரித்து, அதன் பரிமாணத்தை நாம் அளக்கிறோம். நமக்கு முன்பு தெரிந்த விவரங்களிலிருந்து, சூரிய ஒளி, கார்பானிக அமிலம் ஆகியவை இருக்கும்போது வெளியேறிய இந்த வாயு ஆக்ஸிஜன்தான் எனத் தீர்மானிக்கிறோம். இப்

பொழுது காம்பைக் குழாயிலிருந்து மெதுவாக அகற்றுவோம். குழாயை விரலினுல் மூடிக்கொண்டு அதை மாற்றிப் பிடிப்போம். இதனுள் எரியும் கொள்ளிக்குச்சியை நுழைப் போம். இது பிரகாசமான சுவாலையுடன் எரிகிறது. இப் பொழுது கொள்ளிக்குச்சியை எடுத்து, சுவாலையை அணைத்து விட்டு, இதே பரிசோதனையைப் பத்துத் தடவை திருப்பிச் செய்வோம். இதே முடிவுதான் கிடைக்கிறது. இதிலிருந்து சேர்ந்துள்ள வாயு ஆக்ஸிஜன் செறிந்தது என்ற முடிவுக்கு வருகிறோம். சூரிய ஒளிபடும் நிலையிலுள்ள இலை கார்பனிக அமிலத்தை ஆக்ஸிஜனுக மாற்றுகிறது.

நாம் இது வரைக்கும் சூரிய ஒளியில் பரிசோதனை செய்தோம். ஆனுல் இது போன்று கார்பனிக அமிலத்தைத் தாவரங்கள் சிதைப்பதை மிகப் பெரிய கூட்டத்திற்கு தற் காலத்தில் பயன்படும் திரைக்காட்சி விளக்கின் உதவியால் நிரூபித்துக் காட்டலாம். செடி, செடியினுல் வெளிவிடப்படும் வாயு ஆராயப்படும் குழாய் ஆகியவற்றின் பெரிதாக்கப் பட்ட பிம்பத்தை இது திரையில் ஏற்படுத்துகிறது.

இப்பரிசோதனையில் மிகவும் வசதியான வடிவம் ஒன்று இதோ உள்ளது (படம் 39). குதிரை லாட வடிவத்தில் செய்யப் பட்ட கண்ணுடிக் குழாய் (*e*) ஒன்றும், இரு கண்ணுடித் தகடுகளும் (*d*) கொண்ட சிறு பளிங்குப் பாத்திரம் நீர்ச் செடி வளர்க்கும் கண்ணுடித் தொட்டி போன்று அமைகின்றது. இதன் மீது பிரகாசம் மிகுந்த சூரிய ஒளி, மின்சார ஒளி, சுண்ண விளக்கு ஒளி போன்றவற்றைச் செலுத்தினுல், இச்சிறு தொட்டியைப் போல் ஏழு அடி அல்லது இன்னும் பெரிதான பிம்பத்தைத் திரைமீது ஏற்படுத்த முடியும் (39 படத்தில் பாதியாகக் குறைக்கப்பட்டுள்ளது). இலையின் தண்டு அல்லது காம்பு வெட்டப்பட்டுள்ள இடங்களில் எல்லாம் அக்கறைக்குரிய ஒரு நிகழ்ச்சி தோன்றுவதைக் காண் கிறோம். அது சிதைக்கப்பட்ட கார்பனிக அமிலத்திற்குப் பதிலாக ஆக்ஸிஜன் குமிழிகளை வெளிப்படுத்துகிறது.[1]

[1] நீர்த் தாவரங்களின் மூழ்கியுள்ள பகுதிகளில் இலைத் துளைகள் இல்லை. அவற்றின் உள்ளே காற்றறைகள் உள்ளன. இவற்றினுள் ஆக்ஸிஜன் வியாபிக்கிறது. பின்பு இது எங் காவதுள்ள துளையின் வழியாக குமிழியாக வெளிவருகிறது.

இது நிகழ வேண்டுமானால் நல்ல வெளிச்சம் வேண்டும், தண்ணீரில் கார்பனிக அமிலம் இருக்க வேண்டும். இந்த இரு நிபந்தனைகளில் ஏதேனும் ஒன்று இல்லாவிட்டால் வாயுக் குமிழிகள் வெளிவருவது தடைப்படும். சூரிய ஒளியோ அல்லது மின்சார ஒளியோ பலம் பொருந்தியதாக இருந் தால் குமிழிகள் மணிச் சரங்கள் போல் தொடர்ச்சியாக வெளிவரும். இப்பொழுது இந்த வாயு ஆக்ஸிஜன், அல்லது இதில் அதிகமான ஆக்ஸிஜன் உள்ளது என்று நாம் நிரூபிக்க வேண்டும். ஏனெனில் இதில் தண்ணீரில் கரைந்துள்ள பிற வாயுக்களும் சேர்ந்துள்ளன. இவ்வாறு நிரூபிப்பதற்காக வேண்டி அளவிடப்பட்டுள்ள குழாயின் (a) அகன்ற வாயினுள் பல கிளைகளின் முனைகளை வைக்கிறோம். இதிலும் தொட் டியில் உள்ளது போல் நீர் நிரம்பியுள்ளது. இப்பொழுது வெளிவரும் வாயுவைச் சேகரிக்கிறோம். இந்தக் குழாயின் குறுகிய முனை கண்ணாடிக் கோல் வடிவத்திலுள்ள அடைப் பானால் (c) மூடப்பட்டுள்ளது. இந்தக் கண்ணாடிக் கோல் அதன் அகன்ற (b) பகுதி வழியாகச் செல்லுகிறது. போது மான அளவு வாயு சேர்ந்த பின்பு அதை நாம் சோதனை செய்யத் தொடங்குகிறோம்.[1] அது தாவரத்திலிருந்து வெளி வந்த ஆக்ஸிஜனாக இருக்கலாம் அல்லது வாயு மண்டலக் காற்றாக இருக்கலாம். அல்லது நீரில் கரைந்துள்ள கார்பனிக அமிலமாக இருக்கலாம். எனவே இவை தாவரத்தினுள் நுழையும் தன்மை பெற்றவை. குழாயின் புனல் போன்ற மேற்பகுதியில் சிறிதளவு எரிகாரக் கரைசலை ஊற்று கிறோம். அதில் உள்ள கண்ணாடிக் கோலை லேசாகத் தூக்கு கிறோம். இதனால் எரிகாரக் கரைசல் கீழ்பகுதிக்குச் செல்லு கிறது. இப்பகுதியில் அளவீடுகள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. நமக்கு முன்பே தெரிந்தபடி, எரிகாரம் கார்பனிக அமிலத்தை உறிஞ்சுகிறது.[2] ஆரம்பத்தில் குழாயில் ஐம்பது பங்கு வாயு

---

[1] படம் 39ல் உள்ள வட்டங்கள் திரைக்காட்சி விளக் கால் திரையில் ஏற்படுத்தப்பட்டவற்றைக் குறிக்கின்றன. பெரிய பிம்பம் கிடைப்பதற்காக, நாம் முதலில் உபகரணத் தின் ஒரு பகுதியைப் பார்க்கிறோம். பின்பு மற்றொரு பகுதி யைக் காண்கிறோம்.

[2] விரிவுரை IIIஐப் பார்க்கவும்.

இருந்தது என்று கொள்வோம். கார்பனிக அமிலம் உறிஞ்சப்பட்ட பின்பு நாற்பத்து எட்டு பங்குதான் அதில் இருக்கும். இப்பொழுது நாம் புனலின் வழியாக மற்ருெரு பொருளை ஊற்றுகிருேம். இது **பைரோகாலிக் அமிலக்** கரைசல். இதற்கு ஆக்ஸிஜனை உறிஞ்சும் இயல்பு உண்டு. இவ்வாறு உறிஞ்சும் பொழுது இது கரும்பழுப்பாக மாறுகிறது. இப்பொழுது நாம் கண்ணுடிக் கோலை உயர்த்துகிருேம். இத்திரவம் குழாயினுள் வந்தவுடனேனே, திரவத்தின் நிறம் மாறுகிறது. வாயுவின் கன அளவும் விரைவில் குறைகிறது. முடிவில் நாற்பத்து எட்டிற்குப் பதிலாக பதினைந்து பங்கு வாயுதான் அங்கு இருக்கும். இவ்வாறு மிஞ்சியுள்ள வாயு நைட்ரஜன். இதிலிருந்து அங்கு முப்பத்து மூன்று பங்கு ஆக்ஸிஜன் இருந்தது என்று தெரிகிறது. ஐந்து பங்கு ஆக்ஸிஜன் பதினைந்து பங்கு நைட்ரஜனுடன் வாயு மண்டலக் காற்று வடிவத்தில் கலந்திருக்கும். இதனுல் முப்பத்து மூன்று பங்கு ஆக்ஸிஜனில் இருபத்து எட்டுப் பங்கு ஆக்ஸிஜனை செடி கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைப்பதன்மூலம் வெளியிட்டுள்ளது.

இப்பொழுது நாம் கூறிய உபகரணத்தையும், மின்சார விளக்கையும் கொண்டு இருண்ட குளிர் கால மாலையில் பெரிய கூட்டத்தினருக்கு முன்பு, இயற்கையில் வெது வெதுப்பான பருவங்களில் சூரிய ஒளி இருக்கும்பொழுது மட்டும் நிகழும் செயலை விளக்கிக் காட்ட முடியும். இந்த உபகரணத்தின் பிம்பத்தை, திரைக்காட்சி விளக்கு ஸ்லைடின் பிம்பத்தைப் போல, எளிதாகத் திரையில் விழச் செய்ய முடியும். இந்த உபகரணத்தை விளக்கு இல்லாமலேயே ஆராய்ச்சி செய்யவும் உபயோகிக்கலாம்.

இது வரைக்கும் நீரினுள் மூழ்கி இருக்கும் தாவரங்களில் உள்ள இலைகள் கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைப்பது பற்றி ஆராய்ந்தோம். இந்நிகழ்ச்சியைப் பற்றிய ஆரம்ப ஆராய்ச்சிக்கு இந்த முறைப் பரிசோதனை மிகவும் வசதியானது. ஏனென்ருல் இதில் வாயுக்கள் வருவது தெளிவாகத் தெரிகிறது. இப்பொழுது நாம் கார்பனிக அமிலத்தைக் கொண்ட காற்றுேடு தொடர்புள்ள இலையில் இது போன்ற நிகழ்ச்சி ஏற்படுகிறதா என்பதை உறுதிப்படுத்திக் கொள்ள வேண்டும்.

இதே பரிசோதனையின் மிக எளிய, பருமட்டமான வடிவம் இதோ உள்ளது. இதன் மூலம் சுமார் நூறு வருடங்களுக்கு முன்னால் பிரீஸ்ட்லி என்னும் இரசாயன அறிஞரால் இந்நிகழ்ச்சி விளக்கிக் காட்டப்பட்டது. நாம் ஒரு கண்ணாடி ஜாடியை (படம் 35ல் உள்ளது போல்) எடுத்துக்கொள்ளுகிறோம். அதனுள் சிறிதளவு தண்ணீரை ஊற்றுகிறோம். எரிந்து கொண்டிருக்கும் மெழுகுவர்த்தியை அதன் அடிப்பக்கத்தில் வைக்கிறோம். இந்த மெழுகுவர்த்தி தண்ணீர் மட்டத்திற்கு மேலாக உள்ளது. இந்த மெழுகுவர்த்தியை மணி ஜாடி ஒன்றால் (படம் 35ல் உள்ளது போன்றது) மூடுகிறோம். இந்த மணி ஜாடியின் விளிம்புகள் ஜாடியில் உள்ள தண்ணீரில் மூழ்கி இருக்க வேண்டும். ஜாடியில் உள்ள காற்று இப்பொழுது அடைபட்டுவிட்டது. தண்ணீர் அதை வெளிக் காற்றிலிருந்து பிரிக்கிறது. மெழுகுவர்த்தி சிறிது நேரம் வரை எரிந்து கொண்டிருக்கும். பின்பு அணைந்து விடும். எரிதல் செயல்முறைக்குத் தேவையான ஆக்ஸிஜன் மணி ஜாடியில் உள்ள காற்றில் தீர்ந்துவிட்டது. அதற்குப் பதிலாக கார்பனிக அமிலம் சேர்ந்துவிட்டது. இது மெழுகுவர்த்தி எரிந்ததால் ஏற்பட்ட விளைவு. இந்தச் சமயத்தில் (மணி ஜாடியின் வாய் வழியாக) எரியும் கொள்ளிக்குச்சியை நாம் நுழைத்தால் அது மெழுகுவர்த்தி அணைந்தது போல் நிச்சயமாக அணைந்துவிடும். ஆனால் நாம் இலைகளையோ அல்லது பசுமையான கிளைகளையோ ஜாடியினுள் தண்ணீரின் வழியாக மிக ஜாக்கிரதையாகச் செலுத்தி உபகரணத்தை நீண்ட நேரம் சூரிய வெளிச்சத்தில் வைக்க வேண்டும். பின்பு மணி ஜாடியில் கொள்ளிக்குச்சி எரிவதை நாம் காண்போம். இதிலிருந்து மணி ஜாடியில் ஆக்ஸிஜன் மறுபடியும் வந்துவிட்டது என்று தோன்றுகிறது. எரியும் மெழுகுவர்த்தி உற்பத்தி செய்த கார்பனிக அமிலத்தைத் தாவரம் ஆக்ஸிஜனாக மாற்றிவிட்டது. இப்பரிசோதனைக்கு நாம் மற்றொரு வடிவமும் கொடுக்கலாம்: மணி ஜாடிக்குள் மெழுகுவர்த்திக்குப் பதிலாகச் சுண்டெலி ஒன்றை வைக்க வேண்டும். இது இறந்து விடும். இதிலிருந்து மணி ஜாடியினுள் உள்ள காற்றில் சுவாசிப்பதற்குப் போதிய ஆக்ஸிஜன் இல்லை என்று தெரிகிறது. பின்பு ஜாடியினுள் பசுமையான

கிளை ஒன்றை வைக்க வேண்டும். உபகரணத்தைச் சூரிய ஒளிக்கு நேராக வைக்க வேண்டும். இதனால் ஜாடியில் உள்ள காற்றிற்கு ஆக்ஸிஜன் மறுபடியும் கிடைப்பதால், அது சுவாசத்திற்குத் துணை செய்யும் தன்மையைப்பெறுகிறது.

இது வரைக்கும் நாம் பார்த்த பரிசோதனைகளில் தாவரத்தின் செயலால் கார்பனிக அமிலம் அக்ஸிஜனாக மாற்றப்படுவதைத் தன்மை முறையில் மட்டுமே கண்டோம். அல்லது கார்பனிக அமிலம் மறைவதற்கும் ஆக்ஸிஜன் தோன்றுவதற்கும் உள்ள தொடர்பை நாம் சுமாராகவே மதிப்பிட்டோம். இதே நிகழ்ச்சியைப் பரிமாண முறையில் மதிப்பிட வேண்டுமானால் விஞ்ஞானத்தில் வேறு சில திட்டவட்டமான வழிகள் உள்ளன. ஆனால் அவற்றில் உள்ள தொழில் நுணுக்க விவரங்கள் காரணமாக அவற்றை இங்கு கூறுவது என்பது சாத்தியமாகாது. இது போன்ற பரிசோதனைகளில் கார்பனிக அமிலத்தை எரிகாரம் உறிஞ்சுகிறது என்ற நமக்குத் தெரிந்த பண்பே பயன்படுத்தப்படுகின்றது என்பதை மட்டும்தான் நான் இங்கு கூற முடியும். மேல்பக்கம் மூடப்பட்டுள்ள அளவீடுகள் உள்ள குழாயினுள் வைக்கப்பட்ட ஒரு இலை அல்லது ஒரு கிளைக்குக் குறிப்பிட்ட அளவு கார்பனிக அமிலம் கொடுக்கப்படுகிறது. பின்பு குழாய் சூரிய வெளிச்சம் படும்படி வைக்கப்படுகிறது. பரிசோதனை முடிந்ததும் உபகரணத்தில் மீதியிருக்கும் கார்பனிக அமிலத்தின் அளவை எரிகாரத்தின் உதவியால் கண்டுபிடிக்கிறோம். எவ்வளவு வாயு செலுத்தப்பட்டது, எவ்வளவு மீதி இருக்கிறது என்பதை அறிவோம். ஆதலால் எவ்வளவு மறைந்துவிட்டது என்பதை நாம் சொல்ல முடியும்.

இப்பரிசோதனை பல பிரச்சினைகளைத் தீர்க்க உதவியுள்ளது. உதாரணமாக, தாவரத்துக்குச் சாதகமாகவுள்ள கார்பனிக அமிலம் காற்றில் எத்தனை சதவீதம் உள்ளது? பரிசோதனையின் மூலம் இது எட்டு சதவீதம் என்று நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. இதை விட அதிகமாக இருந்தால் அது தாவரத்துக்கு அபாயம் விளைவிக்கிறது.

இதைப் பற்றிய மற்றொரு பிரச்சினையும் நமது கவனத்தைக் கவருகிறது. நமது உபகரணத்தில் செலுத்தப்பட்ட கார்பனிக அமிலத்தைத் தாவரங்கள் சிதைக்கின்றன

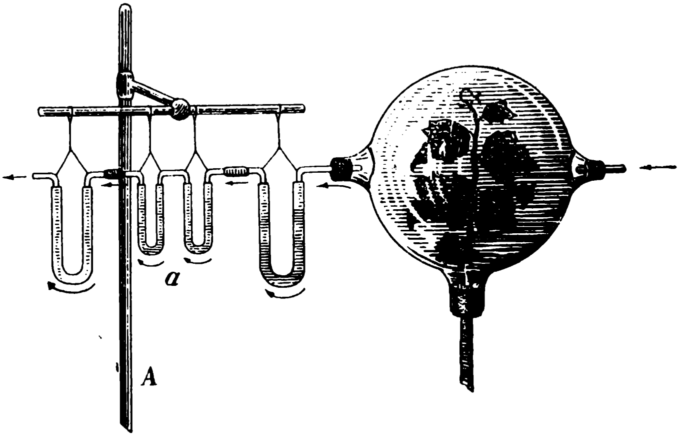
ன்பதை நாம் பரிசோதனை மூலமாக நிரூபித்து விட்டோம். ஆனால், இப்பரிசோதனைகளிலிருந்து, இயல்பான சூழ்நிலையில் காற்றிலிருந்து தாவரங்கள் கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைக்கின்றன என்று முடிவு கட்ட நமக்கு உரிமையுண்டா என்பது கேள்விக்குரியது. நமது பரிசோதனைகளில் ஏராளமான அளவு கார்பனிக அமிலத்தைப் பயன்படுத்தினேம் என்பதை நீங்கள் ஞாபகத்தில் வைத்திருப்பீர்கள். நூற்றில் சில பங்குகள் கார்பனிக அமிலம் பரிசோதனையில் பயன்படுத்தப்பட்டது. ஆனல் வாயு மண்டலத்தில் **அது பத்தாயிரத்தில் ஒரு சில பகுதிகளாக** விளங்குகிறது. காற்றில் இது போன்று மிகக் குறைவாகப் பரவியுள்ள கார்பனிக அமிலத் துணுக்குகளைத் தாவரங்கள் கண்டுபிடித்து உட்கொள்ளுவது சாத்தியம் தானு என்ற சந்தேகம் எழுலாம். இக்கேள்விக்கு விடை கண்டு பிடிக்கப் பிரபல பிரெஞ்சு இரசாயன அறிஞர் பூசிங்கோ பரிசோதனை ஒன்றைச் செய்தார். இதை நாம் இப்பொழுது செய்வோம். மூன்று துளைகள் உள்ள கண்ணுடிக் கோளம் ஒன்றை எடுத்துக்கொள்வோம் (படம் 40). கோளத்தின் கீழ்ப் பக்கத்தில் உள்ள திறப்பின் வழியாக இலைகள் உள்ள திராட்சைக் கொடியின் கிளை ஒன்று செலுத்தப்படுகிறது. இக்கிளை கொடியுடன் இணைந்திருப்பதனல் முற்றிலும் இயற்கைச் சூழ்நிலையில் உள்ளது. **காற்று உறிஞ்சி** ஒன்றின் உதவியினல் வெளிக் காற்று, படத்தில் அம்புக் குறியிட்டுக் காட்டியுள்ள படி, தொடர்ந்து மெதுவாகச் செலுத்தப்படுகிறது. காற்று முதலில் கண்ணுடிக் கோளத்தின் வழியாகவும் பின்பு அதனுடன் பொருந்தியுள்ள A என்ற உபகரணத்தின் வழியாகவும் செல்லுகிறது. பரிசோதனை நடைபெறும் பொழுது கோளத்தினுள் சென்ற காற்றின் கன அளவை உறிஞ்சியின் மீது குறித்துக்கொள்கிறேம். பரிசோதனை செய்யப்படும் இடத்தில் உள்ள காற்றையும் நாம் பகுத்தாய்ந்து அதில் உள்ள கார்பனிக அமிலத்தின் அளவைக் கணக்கிட்டுக் கொள்கிறேம். தாவரம் வைக்கப்பட்டுள்ள கோளத்தின் வழியாகச் சென்ற காற்றின் அளவு, காற்றில் உள்ள கார்பனிக அமிலத்தின் அளவு ஆகியவை நமக்குத் தெரிந்த பின்பு, கோளத்தினுள் **நுழைந்த** கார்பனிக அமிலத்தின் அளவை நாம் கணக்கிட முடியும். இப்பொழுது

கோளத்திலிருந்து **வெளி வந்த** கார்பனிக அமிலத்தின் அளவைக் கணக்கிட வேண்டும். இதிலிருந்து எவ்வளவு கார்பனிக அமிலம் இலைகளால் சிதைக்கப்பட்டது என்று கண்டு பிடிக்கலாம். A என்ற உபகரணம் இதற்குப் பயன்படுகிறது. இதன் முக்கியத்துவத்தை மட்டும் நான் சுருக்கமாகக் கூறுகிறேன். இதில் உள்ள நுணுக்கங்கள் எல்லாவற்றையும் விட்டுவிடுகிறேன். ஏனென்றால் இப்பரிசோதனையின் அடிப்படைக் கருத்துதான் நமக்கு முக்கியமே ஒழிய, அது எவ்வாறு செய்யப்படுகிறது என்பதல்ல. இந்த உபகரணத்தின் முக்கியப் பகுதியில் இரு வளைந்த கண்ணாடிக் குழாய்கள் (a) உள்ளன. உறிஞ்சப்பட்ட காற்றுப் பெருக்கு இவற்றின் வழியாகச் செல்லுகிறது. இக்குழாய்களின் வேலை கார்பனிக அமிலத்தை உறிஞ்சுதல் ஆகும். இதற்காக இவற்றில் ஒன்றில் சிறு துண்டு எரிகாரம் உள்ளது. கார்பனிக அமிலத்தை உறிஞ்சுவதனுல் எரிகாரத்தின் எடை கூடும். எனவே, a என்று குறியிட்டுள்ள உபகரணத்தின் எடையைப் பரிசோதனைக்கு முன்பும், பின்பும் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். அதிகப் படியான எடை, கோளத்தின் வழியாகக் காற்று சென்ற பின்பு அதில் இருக்கும் கார்பனிக அமிலத்தின் அளவைக் குறிக்கும். போதுமான அளவு சூரிய வெளிச்சம் இருந்தால் கோளத்திலிருந்து வெளிவரும் காற்றில் பெரும்பாலும் கார்பனிக அமிலமே இல்லை என்று தெரிய வருகிறது. சூரிய வெளிச்சம் படும் தாவரத்தின் பச்சை நிறப் பகுதிகள் வழியாகக் காற்று செல்லும்பொழுது தன்னுள் அடங்கிய கார்பனிக அமிலம் முழுவதையும் அனேகமாக விட்டுச் சென்றுவிடுகிறது. கார்பனிக அமிலத்தின் இம்மிகள் காற்றில் மிகக் குறைவாக இருக்கின்றன, ஒருவகையில் சொன்னுல் அதிலுள்ள மற்றப் பொருள்களின் திரளில் எங்கோ மறைந்திருக்கிறது என்ருலும் கூட இது நிகழ்கிறது. நமது செயற்கை உயிரணுவில் கார்பனிக அமிலம் வியாபித்ததை ஞாபகப்படுத்திப் பார்த்தால், இந்த விளைவு இன்னும் தெளிவாக விளங்கும்.[1] அதில் கார்பனிக அமிலம் உயிரணுவினுள் சென்றது, ஏனென்ருல் உயிரணுவில் கார்பனிக அமிலம் இல்லை. இலையிலும் அது

[1] விரிவுரை II ஐக் காணவும்.

தொடர்ந்து சிதைக்கப்படுகிறது, தடமே தெரியாமல் மறைந்து விடுகிறது. இதனுல் வியாபக விதிப்படி மென்மேலும் வாயு மண்டலத்திலிருந்து புதிய புதிய அளவுகளில் கார்பனிக அமிலம் இலையினுள் வர வேண்டும்.

பூசிங்கோவின் மிகச் சிறந்த இப்பரிசோதனை அரை நூற்றுண்டிற்கு முன்பு செய்யப்பட்டது. அதற்குப் பின்பு



படம் 40

யாருமே இதைத் திருப்பிச் செய்யவில்லை. ஏனென்ருல் இது சிக்கல் நிறைந்தது. சமீபத்தில் ஹோரேஸ் பிரௌன் என்னும் சிறந்த ஆங்கில இரசாயன அறிஞர் மேலும் செவ்வையான இத்தகைய முழுப் பரிசோதனைத் தொடரைச் செய்து, இந்த விஷயம் பற்றிய சந்தேகம் முழுவதையும் அகற்றினுர். இலைத் துளைகளின் நுண்ணிய திறப்புக்களின் மொத்தப் பரப்பு அற்பமானதே ஆதலால் தாவரம் காற்றில் மிகச் சொற்பமாகவே உள்ள கார்பனிக அமிலத்தை எவ்வாறு பிரித்து உட்கொள்ள முடியும் என்பது புரியாத விஷயமாக இருந்தது. இலையின் மொத்தப் பரப்பு முழுவதும் பங்கு கொண்டால் எவ்வளவு கார்பனிக அமிலம் உட்கொள்ளப்படுமோ, அவ்வளவு கார்பனிக அமிலம் வாயுக்களின் வியாபகத்தின் சிறப்புத்தன்மைகள் காரணமாக (இவை பிரௌனின்

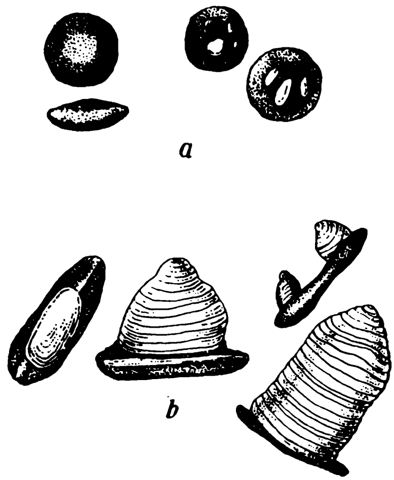
சோதனைகளில்தாம் முதன்முதலாகக் காட்டப்பட்டன) இலைத் துளைகளின் வழியாகச் செல்லுகிறது என்பது கண்டுபிடிக்கப் பட்டது. இந்தக் குறிப்பிடத்தக்க கண்டுபிடிப்பைப் பற்றிக் கூறும்பொழுது தாவரத்துக்கு, நாம் ஒப்புக்கொள்ள இசைவதைவிட அதிகமாக பௌதிகத்தைப் பற்றித் தெரியும் போலும் என்று ஹோரேஸ் பிரௌன் வேடிக்கையாகக் குறிப்பிட்டார். கார்பனிக அமிலத்தின் விகிதம் ஐந்து மடங்காக அதிகப்படுத்தப்பட்டால், அதாவது வழக்கமான விகிதமான **2/10,000** லிருந்து **1/1000** ஆக அதிகரிக்கப்பட்டால், தாவரம் சிதைக்கும் கார்பனிக அமிலத்தின் அளவும் ஐந்து மடங்காகக் கூடுகிறது என்றும் அவருடைய பரிசோதனைகள் காட்டின. வாயு மண்டலத்தில் மிகக் குறைந்த அளவு காணப்படும் கார்பனிக அமிலத்தைத் தாவரங்கள் வெற்றிகரமாகப் பயன்படுத்துகின்றன என்று முன்னைவிட அதிகத் திட்டவட்டமாக முடிவு கட்ட இதனால் முடிகிறது.

* * *

கார்பனிக அமிலம் சூரிய ஒளியில் பச்சைத் தாவரங்கள்மீது பட்டதும் சிதைகிறது. அதிலிருந்து ஆக்ஸிஜன் வெளிப்படுத்தப்படுகிறது. அதில் உள்ள கார்பன் தாவரத்தில் சேருகிறது. தாவரத்தில் இந்தக் கார்பனுக்கு மேற்கொண்டு என்ன நேர்கிறது என்பதைக் காண்போம். இப்பொழுது நாம் மறுபடியும் உருப்பெருக்கியின் உதவியை நாடுவோம். இந்நிகழ்ச்சியை ஒவ்வொரு தடவை உற்று நோக்கும் பொழுதும், இது சம்பந்தப்பட்ட ஒவ்வொரு பரிசோதனையும், இச்செயல்முறை தாவரத்தின் பசுமையான பாகங்களில் மட்டும்தான் நடைபெறுகிறது என்ற முடிவை நமக்குத் தருகிறது. இதில் சந்தேகம் எதுவுமில்லை. ஒரு குறிப்பிட்ட உறுப்பில் பச்சை நிறமில்லாவிட்டால், அது கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைப்பதில்லை என்று நாம் கூறலாம். மாறாக, அது சிதைக்குமானால், பச்சை நிறமிப் பொருள் நேரடியாகத் தெரிவதில்லை, அதை பிற நிறமிப் பொருள்கள் மறைத்துக்கொண்டிருக்கின்றன என்று கருதலாம். இப் பச்சை நிற நுண் மணிகளில், பச்சை நிறமிப் பொருள்

ள்ளது. இது **பச்சையம்** என்று அழைக்கப்படுகிறது. இது கார் பனிக அமிலத்தைச் சிதைக்கப் பயன்படும் உறுப்பாக விளங்கு கிறது. பச்சையம் இல்லாவிட்டால் தாவரங்களில் கார்பன் தன்மயமாதல் நிகழாது.

பச்சையம் உயி ரணுக்களில், பல வடி வங்களில் காணப்படு கிறது. அது நுண்மணி வடிவத்திலும், தட்டு வடி வத்திலும் (படம் 41)[1] நாடா வடிவத்திலும் (படம் 68, வலது பக்கம்) காணப்படுகிறது. இந்தப் பொருள்களுக்கு **பசுங் கணிகங்கள்** என்று பெயர். தாவரம் ஒன்றை இருட் டில் வைத்திருந்து, இந்தப் பசுங்கணிகங்களை உருப்பெருக்கியின் மூலம் சோதனை செய்தால், அவை ஒரே மாதிரியாக இருக்கின்றன என்பது தெரிகிறது (படம் 41—*a*, இடது பக்கம்.) தாவரத்தை சூரிய வெளிச்சத்தில் வைத்து, சிறிது நேரம் சென்ற பின்பு, சில வேளைகளில் சில நிமிடங்களுக்குப் பின்பு கூட, இவற்றைப் பார்த்தால், இவற்றில் மிகச் சிறு நுண் மணிகள் தோன்றியுள்ளதைக் காணலாம் (படம் (41—*a*, வலது பக்கம்). சில தாவரங்களில் இந்த நுண் மணிகள் அளவில் பெரிதாகின்றன. இவை நேரம் செல்லச் செல்ல வெளியே துருத்தி, பசுங்கணிகத்துடன் தொடர்பு கொண்டு பக்கத்தில் வளர ஆரம்பிக்கின்றன (படம் 41—*b*). இவை இப்பொழுது அடுக்குகள் படிந்தது போன்ற



படம் 41

---

[1] படம் 41 : *a* —இடது பக்கத்தில் ஸ்டார்ச் இல்லாத பசுங்கணிகங்கள்; வலது பக்கத்தில் ஸ்டார்ச் துணுக்குகள் உள்ளவை; *b* —பெரிய ஸ்டார்ச் துணுக்குகள் உள்ள பசுங் கணிகங்கள்.

தோற்றம் பெறுகின்றன. இவை ஸ்டார்ச் நுண்மணிகள் என்று நாம் கண்டு கொள்கிறோம். இவை வளரும் வரை நாம் காத்திருக்க வேண்டாம். ஊசி முனை அளவு நுண்மணியில்கூட ஸ்டார்ச்சை அயோடினால் நீல நிறமேற்றுவதன் மூலம் எளிதாகக் கண்டுபிடிக்கலாம். இந்தச் செயல் நமக்கு ஏற்கனவே நன்கு தெரிந்தது.

பசுங்கணிகங்களில் ஸ்டார்ச் நுண்மணிகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இவை அங்கு பசுங்கணிகங்களுடன் தொடர்புற்ற இடங்களில் எல்லாம் தொடர்ந்து வளருகின்றன. கார்பனிக அமிலம் சிதைவதற்கும் ஸ்டார்ச் உருவாவதற்கும் நெருங்கிய தொடர்பு உண்டென்று நாம் காட்டலாம். முதலாவதாக கார்பனிக அமிலம் இல்லாவிட்டால் பசுங்கணிகங்களில் ஸ்டார்ச் உருவாவதில்லை. இரண்டாவதாக, இருட்டில் ஸ்டார்ச் உற்பத்தி செய்யப்படுவதில்லை, எனவே கார்பனிக அமிலம் சிதைக்கப்படுவதும், ஸ்டார்ச் உருவாக்கப்படுவதும் பச்சையத்தின் முன்னிலையில் நிகழ்கிறது. இவ்விரு செயல்முறைகளுக்கும் சூரிய ஒளி முக்கிய நிபந்தனையாகும். கார்பனிக அமிலம் சிதைக்கப்படும்பொழுது தான் ஸ்டார்ச் உருவாகிறது.

எனவே நாம் இது வரைக்கும் தேடிக்கொண்டிருக்கும் பொருள் ஸ்டார்ச்தான் என்பது தெரிகிறது. இது கார்பனிக அமிலத்தில் உள்ள கார்பனிலிருந்து உருவாக்கப்படுகிறது. இதன் இரசாயன அமைப்பு இந்த முடிவை வலியுறுத்துகிறது. மற்ற கார்போஹைடிரேட்டுக்களைப் போன்று இதுவும் கார்பன், தண்ணீர் ஆகியவற்றால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது என்று கருதலாம். உயிரணுவில் எப்பொழுதுமே தண்ணீர் உள்ளது. எனவே தண்ணீரும் கார்பனிக அமிலமும் கலப்பதாகவும் கார்பனிக அமிலத்திலிருந்து ஆக்ஸிஜன் முழுவதும் வெளியேற்றப் பட்டுவிடுவதாகவும் இவ்வாறே கார்போஹைடிரேட் உருவாவதாகவும் நாம் விளக்கலாம். நமக்குத் தெரிந்த அளவிற்கு இவைதாம் இங்கு நிகழும் செயல்கள். ஆனால் இவ்விஷயம் பற்றி நமக்குக் கிடைத்துள்ள விவரங்கள் முழுமையானவை அல்ல என்பதை நாம் நினைவுகூர வேண்டும். உயிரணு கார்பனிக அமிலத்தையும், தண்ணீரையும் பெறுகிறது, ஆக்ஸிஜனை வெளிடுகிறது கார்போஹைடிரேட்டைத் தயாரிக்கிறது

என்பது நமக்குத் தெரியும். இந்தச் செயல்முறைகளுக்கிடையே பரஸ்பரத் தொடர்பு இருக்க வேண்டும் என்பதும் இவை அதே பசுங்கணிகத்தில் நிகழுகின்றன என்பதும் ஒன்றையொன்று வியப்பூட்டும் விரைவுடன் தொடர்ந்து நடைபெறுகின்றன என்பதும் நமக்குத் தெரியும். இவை எவ்விதம் நிகழ்கின்றன? ஆக்ஸிஜன் எங்கிருந்து வருகிறது? கார்பனிக அமிலத்திலிருந்தே முழுவதும் வருகிறதா, அல்லது தண்ணீரிலிருந்தும் கிடைக்கிறதா (இது அதிகச் சாத்தியமானது), அல்லது ஸ்டார்ச் உருவாவதற்கு முன்பு இன்னும் எளிய அல்லது சிக்கல் நிறைந்த வேறு சேர்க்கைகள் இடம் பெறுகின்றனவா? இவை போன்ற எண்ணற்ற கேள்விகள் இச்செயல் பற்றி எழுகின்றன. தற்சமயம் வரை இந்தக் கேள்விகளுக்குரிய விடை நமக்குத் தெரியாது. விஞ்ஞானத்தில் இதுவரை விளக்கம் பெருத ஒரு நிகழ்ச்சி பற்றி நாம் இங்கு வெற்று யூகங்களில் ஈடுபடுவது தவருனதாகும்.

கார்பனிக அமிலம் சிதைக்கப்படுதல், ஸ்டார்ச் உருவாதல் போன்ற நிகழ்ச்சிகளை உற்று நோக்கும்பொழுது நாம் உயிரின் மிக முக்கியமான நிகழ்ச்சியொன்றைக் கண்கூடாகப் பார்க்கிறோம். இந்நிகழ்ச்சி இலை, தாவரம் ஆகியவற்றின் வாழ்க்கை மட்டுமல்ல, அங்கக உலகம் முழுவதன் வாழ்க்கைக்கும் ஆதாரமாக விளங்குகிறது. எளிமையான அமைப்புள்ள அனங்ககப் பொருள்களான கார்பனிக அமிலம், தண்ணீர் போன்றவை ஸ்டார்ச் போன்ற அங்ககப் பொருளாக மாற்றப்படும் இச்செயல்முறை நமது பூமியின் மீது அங்ககப் பொருள்கள் உருவான இயற்கையான முறைக்குத் தனிப் பெரும் உதாரணமாக விளங்குகிறது. எல்லா விதமான அங்ககப் பொருள்களும், அவை தாவரத்திலோ, விலங்கின் உடலிலோ, அல்லது மனித உடலிலோ வேறு எங்கே, எந்த விதமாகக் காணப்பட்டாலும் சரி, இலையில் உற்பத்தி செய்யப்படும் பொருள்களிலிருந்தே உருவாகியுள்ளன. இலை தவிர, இன்னும் துல்லியமாகச் சொன்னல் பசுங்கணிகம் தவிர, அங்ககப் பொருள்களை உற்பத்தி செய்யும் வேறு இரசாயனச் சாலை எதுவும் இயற்கையிடம் கிடையாது. மற்ற எல்லா அங்கங்களிலும், அங்கஜீவிகளிலும் அங்ககப் பொருள் கள் ரசாயன மாறுதல் மட்டுமே அடைகின்றன. இலையில்

மட்டும்தான் அவை அனங்ககப் பொருளிலிருந்து புதிதாகத் தோன்றுகின்றன.

உதாரணமாக ஸ்டார்ச்சிலிருந்து கரையும் சர்க்கரை உருவாக்கப்படுகிறது. இது தாவரத்தின் ஒரு உயிரணுவி லிருந்து மற்ருெரு உயிரணுவுக்குச் செல்வதன் மூலமாகத் தாவரத்தின் நுனிப் பாகங்களேயும் அடைகிறது. இந்தச் சர்க்கரையிலிருந்து தாவரத்தின் கடினமான சட்டகமான ஸெல்லுலோஸ் உருவாக்கப்படுகிறது. கடைசியாக இதே சர்க்கரை, அனங்ககப் பொருளான அம்மோனியா ஆகிய வற்றிலிருந்து மிகவும் சிக்கல் நிறைந்த அங்ககப் பொருள் களான அல்புமிஞய்டுகள் உருவாகின்றன.

இந்த முறையில் இலே கார்பனேத் தன்மயமாக்குகிறது. அதனுள்ளே அது ஒரு அங்ககக் கூட்டுப் பொருளே உருவாக் குகிறது. இப்பொருள் தாவர உலகம் மட்டுமல்ல, அங்கக உலகு முழுவதற்குமே பயன்படுகிறது.

தாவரத்தில் கார்பனின் மூலம் எது என்பதை நாம் ஒருவாறு கண்டுபிடித்து விட்டோம். அது எவ்வாறு தாவரத் தினுள் நுழைகிறது என்பதையும் நாம் விளக்கி விட்டோம். இம்முறையில் உணவு பெறுவதில் முதல் கட்டத்தை நாம் விளக்கி விட்டோம். இப்பொழுது தாவரத்தின் அமைப்பில் பங்கு பெறும் மூலகங்கள் எங்கிருந்து எவ்வாறு வருகின்றன என்பது நமக்குத் தெரியும். இம்மூலக வரிசையில் கார்பன் கடைசி இடம் பெறுகிறது.

* *

இதுகாறும் இலே, தாவரம் ஆகியவற்றின் செயல்களேப் பொதுவாக இரசாயன ரீதியில் மட்டுமே கண்டோம். அதா வது பொருள் மாற்றம் என்னும் அடிப்படையில் பார்த்தோம். பொருள் படைக்கப்படுவதுமில்லே, அழிக்கப்படுவதுமில்லே என்னும் இரசாயனத்தின் ஆரம்ப விதிகளேக் கொண்டு, தாவரத்தின் அமைப்பில் பங்கு பெறும் பொருள்களின் மூலங்களேக் கண்டுபிடிக்க நாம் முயன்ருேம். அவை தாவரத் தினுள்நுழையும் முறையையும், அச்செயல்முறையின் பொழுது அவை அடையும் மாறுதல்களேயும் அறிய முயன்ருேம்.

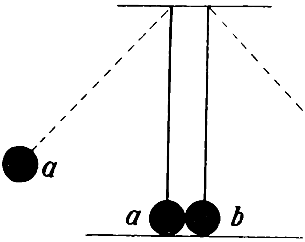
ஆனால் தாவரப் பொருள் ஒரு சேமிப்பு நிலையம். அதில் பொருளும், சக்தியும் சேமித்து வைக்கப்படுகின்றன. உதாரணமாக வெப்ப சக்தி சேமித்து வைக்கப்படுகிறது. பிர்ச் மரத்தின் விதையொன்றை எரித்தால் நமது கைக்கு அவ்வளவாகச் சூடு தெரியாது. ஆனால் நூறு வயது உள்ள பிர்ச் மரம் நமது வீட்டில் அடுப்பெரிக்கப் பல நாட்களுக்குப் போதுமானது. எனவே, பிர்ச் மரம் அதன் வாழ் நாளில் ஏராளமான வெப்பத்தைச் சேமித்து வைக்கிறது. இதை நாம் அப்படியே பயன்படுத்துகிறோம், அல்லது இயந்திர சக்திக்கு மூலமாகப் பயன்படுத்துகிறோம்.

இந்த வெப்ப சக்தி எங்கிருந்து வருகிறது? பொருளைப் பற்றி இதே போன்ற வினாவை நாம் கேட்டோம். பொருள் மறைவதில்லை, உற்பத்தி செய்யப்படுவதுமில்லை என்பதை ஒப்புக்கொள்ள வேண்டும். அவ்வாறே சக்தி அழிவதில்லை, உற்பத்திசெய்யப் படுவதுமில்லை எனவும் நாம் அனுமானிக்கிறோம். உண்மையில், கடந்த நூற்றாண்டின் இரசாயன அறிஞர்கள் பொருள் அழிக்க முடியாதது என்ற முடிவிற்கு வந்தது போல, தற்காலத்து பௌதிக அறிஞர்கள் சக்தி அழிவில்லாதது என்ற முடிவிற்கு வந்துள்ளார்கள். சக்தியின் பல்வேறு மூலங்கள் முடிவற்ற மாறுதலுக்கு உட்படலாம். அது ஒரு வடிவத்திலிருந்து மற்றொரு வடிவத்திற்குச் செல்லலாம். அல்லது அது இறுக்க நிலையில் மறைந்து இருக்கலாம். ஆனால் சக்தி ஒரு பொழுதும் அழிக்கப்படுவது இல்லை, புதிதாக உற்பத்தி செய்யப்படுவதுமில்லை.

நமது எரிபொருள்களில் மறைந்துள்ள இந்த உள்ளுறை வெப்பம் யாது? இது எங்கிருந்து வந்துள்ளது? இது தானாகவே தோன்ற முடியாதே. இவற்றை விளக்க இலையில் நிகழும் நமக்கு நன்கு தெரிந்த இரசாயன நிகழ்ச்சியை நாம் திரும்பிப் பார்க்க வேண்டும். ஆனால் இச்சமயத்தில் சக்தி மாற்றம் என்னும் பௌதிக அடிப்படையில் அதைப் பரிசீலனை செய்ய வேண்டும்.

எல்லா இரசாயனச் செயல்களையும் இரண்டு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். வெப்பம், ஒளி, மின்சாரம் போன்ற சக்தி **தோன்றும்** செயல்களில், சக்தி **வெளிவிடப்படுகிறது.** சக்தி **மறையும்** செயல்களில், அது **உட்கொள்ளப்படுகிறது.**

முதல் வகைச் செயல்கள் தாமாகவே நிகழுகின்றன. அல்லது அவை நடைபெற லேசான தூண்டுதல் இருந்தால் போதும். பிந்திய வகைச் செயல் நிகழ வெளியிலிருந்து சக்தியைப் பிரயோகிக்க வேண்டியிருக்கிறது. இச்சக்தி செயல் முறையின் பொழுது உறிஞ்சப்படுகிறது.



படம் 42

இரசாயனக் கூடுகையில் உள்ள நிகழ்ச்சிகள் யாவும் முதல் வகையைச் சேர்ந்தவை. இரசாயனச் சிதைவில் உள்ள நிகழ்ச்சிகள் யாவும் இரண்டாம் வகையைச் சேர்ந்தவை. **எரிதல்** அதாவது ஆக்ஸிஜனுடன் கூடுதல் இரசாயனக் கூடுதலுக்கு எளிமையான உதாரணமாக அமைகிறது. இதற்கு நேர் எதிரான நிகழ்ச்சி அணைதல். இதில் ஆக்ஸிஜன் நீக்கப்படுகிறது. இதற்கு **முன்னிலை அடைதல்** என்று பெயர். இது சிதைவிற்கு எளிய உதாரணமாக விளங்குகிறது.

இரசாயனக் கூடுகை, இரசாயனச் சிதைவு ஆகியவை நிகழும்பொழுது, அதாவது எரிதல், முன்னிலையடைதல் ஆகியவை நடைபெறும்பொழுது என்ன நிகழுகிறது என்பதை நாம் விளக்கிக் காட்ட முயற்சி செய்யலாம். மெல்லிய நூலின் முனைகளில் சிறு ஈயக் குண்டுகளைக் கட்டி எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும் (படம் 42).

இரசாயனக் கூடுகைக்குக் காரணம் (படம் 42) பொருள்களுக்கிடையே நாட்டம் அல்லது ஈர்ப்புச் சக்தி இருக்கிறது என்பதுதான். இந்த நாட்டத்தை நாம் இரசாயனக் கவர்ச்சி என்கிறோம். கார்பன், ஆக்ஸிஜன் ஆகியவற்றின் இம்மிகள் ஒன்றையொன்று ஈர்க்கும் திறன் பெற்றவை. படத்தில் காட்டியபடி குண்டுகளைச் (a, b) சற்று தள்ளி நகர்த்திப் பின்பு விட்டால், அவை ஒன்றையொன்று நோக்கி எப்படி விரைவாக வருமோ அது போன்று இவை செயல்படுகின்றன. ஆனால் ஒரு பொருள், மற்றொரு பொருள் மீது மோதும்பொழுது வெப்பமும், சில சமயம் ஒளியும் ஏற்படு

ன்றன என்பது நமக்குத் தெரியும். கார்பன், ஹைட்ரஜன் ஆகியவற்றின் இம்மிகள் ஆக்ஸிஜன் இம்மிகளோடு கண்ணுக்குத் தெரியாமல் மோதும் பொழுது தோன்றும் வெப்பம், ஒளி போன்றவற்றைத்தான் தீ எரியும்பொழுது நாம் காண்கிறோம்.

தானாக நிகழும் இரசாயனக் கூடுகைக்குரிய காரணமும், அது நிகழும்பொழுது ஏன் வெப்பம் தோன்றுகிறது என்பதும் இதிலிருந்து நமக்குப் புலனாகிறது. கூடும்பொழுது, இந்த குண்டுகள் ஈர்க்கப்படுவது போல், இரசாயன மூலகங்கள் பரஸ்பரக் கவர்ச்சிக்கு உட்படுகின்றன. ஆனால் ஒன்றோடொன்று மோதியதும் அவை கூடடைந்து வெப்பத்தை வெளி விடுகின்றன.

சிதையும் செயல் இதிலிருந்து வேறுபட்டது. இரசாயனக் கூட்டுப் பொருளைச் சிதைக்க நாம் குறிப்பிட்ட அளவு சக்தியைச் செலவிட வேண்டியிருக்கிறது. நமது உதாரணத்தில், குண்டுகளைப் பிரிப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் சக்தியும், அவை மோதும்பொழுது வெளிப்படும் சக்தியும் ஒரே அளவினது. இதை நான் கையை எடுத்த பிறகு காணலாம். சிதைப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் சக்தியும், கூடும்பொழுது வெளிப்படும் சக்தியும் சமம் என்பதை நமது இச்சிறு யந்திர அமைப்பைக் கொண்டு விளக்கலாம். ஒரு குண்டை மற்றொன்றிலிருந்து பிரிப்பதற்கு, அதை நான் உயர்த்த வேண்டும். அதாவது நான் புவி ஈர்ப்புச் சக்திக்கு எதிராகச் செயலாற்ற வேண்டும். என்னுடைய வேலையைக் கொண்டு இங்கு செலவிடப்பட்டுள்ள சக்தியை நான் மதிப்பிடுகிறேன். வேலை, குண்டின் எடையை, அது உயர்த்தப்படும் உயரத்தால் பெருக்கி வந்த விடைக்குச் சமம். ஆனால் குண்டுகள் ஒன்றின் மீது ஒன்றும் மோதும்பொழுது, அசையும் குண்டு சம எடையுள்ள குண்டை அதே உயரத்திற்குத் தூக்குவதற்குப் போதுமான சக்தியைப் பெறுகிறது. மறு குண்டுடன் மோதியிராவிட்டால் அது பெண்டுலம் போல ஊசலாடி எதிர்ப்புறம் சென்று தன்னை அதே உயரத்துக்குத் தூக்கியிருக்கும், அதாவது தன் எடையை, தான் கீழ் நோக்கிவந்த அளவு உயரத்திற்குத் தானே தூக்கியிருக்கும். இதே போன்று, கூட்டுப் பொருள் ஒன்றைச் சிதைக்க வேண்டுமானால், இரண்டு

இரசாயனப் பொருள்களின் இரசாயன நாட்டத்தைப் பிரிக்க வேண்டுமானுல், அவை கூடும் பொழுது வெளிவிடப் படும் அதே அளவுள்ள சக்தியைப் பயன்படுத்த வேண்டும். ஆக்ஸிஜனில் எரியும் குறிப்பிட்ட அளவு கார்பன் உதாரண மாக ஓராயிரம் அலகுகள் வெப்பத்தை வெளிவிடுகிறது என்று கொள்வோம். இந்தக் கார்பனைக் கார்பனிக அமிலத் திலிருந்து வெளிப்படுத்த, அதாவது அதற்கும் ஆக்ஸிஜனுக் கும் உள்ள நாட்டத்தைத் தகர்க்க, அதே ஆயிரம் அலகு கள் வெப்பத்தை நாம் பயன்படுத்த வேண்டியது அவசியம். உண்மையில் நாம் எரியும் மாக்னிஷியத்தின் மிக அதிகமான உஷ்ண நிலையில் கார்பனிக அமிலத்தைச் செலுத்திஞல் அதிலிருந்து ஆக்ஸிஜனைப் பிரிக்க முடியும்.

இருப்பினும், இது போன்று மாக்னிஷியத்தின் உதவி யால் கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைத்தல், எளிய சிதைத்தல் செயல்முறைக்குரிய உதாரணமல்ல. ஏனென்ருல் இதில் அதே சமயத்தில் மாக்னிஷியம் ஆக்ஸிஜனுடன் கூடுதல் நிகழு கிறது. நீண்ட காலமாக இரசாயன அறிஞர்கள், கார்பனிக அமிலம், தண்ணீர் போன்ற நிலைத்த கூட்டுப் பொருள்களின் சிதைவு ஆக்ஸிஜன் மீது நாட்டம் அதிகமுள்ள மற்ருெரு மூன்ருவது பொருளின் உதவியால்தான் நிகழுகிறது என்று எண்ணிஞர்கள். ஆனுல் சமீபத்தில் வெப்பத்தின் செயல் ஒன்றே கார்பனிக அமிலம், தண்ணீர் போன்றவற்றின் சிதைவை அதாவது **கூட்டுப் பிரிவை** ஏற்படுத்தப் போதுமானது என்ற முடிவிற்கு அவர்கள் வந்துள்ளார்கள். தற்காலப் பௌதிகத்தின்படி, வெப்பமும் ஒரு வகை இயக்கம் ஆகும். பொருளில் உள்ள இம்மிகள் விரைவாக, கண்ணுக்குத் தெரியாமல், அதிர்வதுதான் வெப்பம். ஏதாவதொரு கூட்டுப் பொருளை மிக உயர்ந்த உஷ்ண நிலைக்குச் சூடேற்றும் பொழுது, அதில் உள்ள இம்மிகளை நாம் அதிரும் நிலைக்குக் கொண்டுவருகிருேம். அதில் உள்ள இம்மிகளின் கட்டுப்பாடு தகர்க்கப்படுகிறது. அவற்றிற்கு இடையே உள்ள பரஸ்பர இணைப்பு சிதைவுறுகிறது. இதனுல் அப்பொருள் சிதைகிறது. உதாரணமாக: மிக உயர்ந்த உஷ்ண நிலையில் நீராவி நீராவியாக இருப்பதில்லை. அது ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் ஆகியவற்றின் கலவையாக உள்ளது.

இவ்விதமான சிதைவுச் செயல்முறையின் பொழுது சக்தி உட்கொள்ளப்படுகிறது. ஆனுல் இச்சக்தி என்னவாயிற்று? இது மறைய முடியாது. இது மறைந்தால், அச்செயல் சக்தி அழியாமை விதிக்குப் புறம்பானதாகும். இது இச்செயல் முறையின் பொழுது உள்ளுறை அல்லது இறுக்க நிலேக்கு மாறுகிறது. ஒவ்வொரு இயந்திரச் செயலிலும் உள்ளுறை சக்திக்குரிய உதாரணங்கள் பலவற்றை நாம் பார்த்திருக்கிரேம். உதாரணம்: மண்ணில் ஊன்றவிருக்கும் முளேயை அடிக்கத் தயாராக இருக்கும் சுத்தியல்; அம்பை எய்யத் தயாராக வளேந்திருக்கும் வில். இவை உள்ளுறை நிலேயில் சக்தியைச் சேமித்து வைத்திருக்கும் கருவிகளுக்கு உதாரணங்கள். இதே உண்மையை வெப்பம், அல்லது ஒளிக்குப் பயன்படுத்துவது என்பது வியப்பாக இருக்கிறது. வெப்பம், ஒளி போன்ற சக்திகளே இந்த வடிவத்தில் சேமித்து வைக்க முடியுமா? மாக்னிஷிய நாடா எரியும்பொழுது தோன்றும் ஒளி, வெப்பம் போன்ற சக்தியைச் சிறிதளவு பெற்று நாளே வரை நான் வைத்திருக்க முடியுமா? என்னுல் முடியும் என்பது மட்டுமல்ல, நான் ஏற்கனவே இதைச் செய்து விட்டேன். கார்பனிக அமிலம் உள்ள பாத்திரத்தில் எரியும் கம்பியை நுழைக்கும் பொழுது, அந்த கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைத்துக் கார்பனே வெளிப்படுத்துவதில் இச்சக்தியை நான் பயன்படுத்தி விட்டேன். இக்கார்பனே நான் நாளே எரிக்க முடியும். அல்லது அதை நான் வருங்காலச் சந்ததியினருக்கு விட்டு வைக்க முடியும். கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைக்கப் பயன்படுத்துவதன் வாயிலாக நாம் இன்று சேர்த்து வைக்கும் வெப்பம், ஒளி முதலிய சக்திகளே இந்தக் கார்பனே எரிப்பதன் மூலம் அவர்கள் அனுபவிப்பார்கள்.

இதிலிருந்து, மற்ற எரியும் பொருள்களேப் போல, (அடுப்பில் உள்ள விறகு, உடலில் உள்ள உணவு) கார்பன், இயற்கையில் சுயமாக இருந்தாலும் ஆக்ஸிஜனுடன் எப்பொழுதுமே கூட நாட்டமுடையது என தெரிகிறது. ஆகையினுல் அது சக்தியின் சேமிப்பிற்கு ஒரு உதாரணமாக விளங்குகிறது. எரியாத் தன்மையுள்ள பொருள் எரியும் பொருளாக மாறும் ஒவ்வொரு இரசாயனச் செயல்முறையிலும் சக்தி சேமித்து வைக்கப்படுகிறது.

இப்பொழுது நாம் கீழ்க்கண்ட முடிவுகளுக்கு வரலாம்: (1) கார்பானிக அமிலம் சிதைதல், கார்பன் வெளிப்படுதல் போன்றவை வெளியிலிருந்து சக்தி பயன்படுத்தப்பட்டால் தான் நிகழுகின்றன; (2) இவ்விதம் பயன்படுத்தப்பட்ட சக்தி சேமிப்பு நிலையை அடைகிறது.

இந்த உண்மைகளை மனதில் கொண்டு, நாம் இப்பொழுது இலையை அணுகுவோம். இலையிலும் இதே போன்ற செயல்முறைதான் நிகழ்கிறது. எரியும் தன்மையற்ற கார்பனிக அமிலத்திலிருந்து எரியும் பண்புள்ள ஸ்டார்ச், மரம் போன்ற பொருள்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. வெளியிலிருந்து பயன்படுத்தப்படும் சக்தியின் உதவியின்றி இச்செயல்முறை நடைபெற முடியாது என்பது தெளிவு. பல தடவை முன்பு கூறப்பட்டது போல், ஒளியின் முன்னிலையில்தான் கார்பனிக அமிலம் சிதைவது நடைபெறுகிறது. இலையின் பரப்பின் மீது ஒளிக் கதிர் வீழ்வதற்கு முன்னுல் அதன் செயல்கள் தொடங்குவதில்லை. இந்த ஒளிக் கதிர்தான் கார்பனிக அமிலம் சிதைக்கப் பயன்படும் சக்தி. இச்சக்தி உறிஞ்சப்பட்டு சேமித்து வைக்கப் படுகிறது.

இந்த விஷயத்தை இன்னும் தெளிவாக்க, ஒளியை வெப்பத்துடன் ஒப்பிடுவோம். வெப்பம் என்பது ஒரு வித இயக்கம் என்றும், பொருள்களின் இம்மிகளைத் தளர்த்துவதன் மூலம் அது பொருள்களைச் சிதைக்கிறது என்றும் நாம் கண்டோம். ஆனுல் ஒளியும் மற்ருெரு வகை இயக்கம் தான். இது ஒழுங்கான, அலை போன்ற இயக்கம். ஒளியின் சிதைக்கும் பண்பை விளக்கக் கீழ்க்கண்ட பருமட்டமான உதாரணம் போதுமானது. உதாரணமாக, இரு மரப் பந்துகள் அசையாமல் இருக்கும் தண்ணீரில் பக்கத்தில் பக்கத்தில் மிதக்கின்றன என்று கொள்வோம். அவற்றிற்கு அருகில் கல் ஒன்றை நாம் நீரினுள் எறிகிருேம். கல்லிலிருந்து வளையங்கள் கிளம்பி நாலா பக்கங்களிலும் செல்லும். ஒவ்வொரு தடவையும் பந்துகளுக்கு அடியில் ஒரு அலை செல்லும் பொழுது அது பந்துகளைப் பிரிக்கும், அவற்றின் இடையிலுள்ள தொடர்பை அறுத்துவிடும். அவற்றில் ஒன்றை அலை முகட்டில் தூக்கிக்கொள்ளும், மற்ருென்றை அலைப்பள்ளத்தில் தள்ளும். நீர் வளையங்களை ஏற்படுத்தும் இக்கல்லை

சூரியனுக்கு நாம் ஒப்பிடுவோம். இதிலிருந்து ஒளி அலைகள் தொடர்ந்து வருகின்றன. இவை அனந்தத்தில் குவிகின்றன. இந்த ஒளி அலைகளுக்கும் நீர் அலைகளுக்கும் வேறுபாடு என்னவென்முல், இவை விஞடிக்கு 190,000 மைல் வேகத்தில் செல்லுகின்றன, ஒன்றையொன்று விரைவாகத் தொடருகின்றன. இவை மிகவும் நுணுக்கமானவை, இவற்றில் சராசரியாக 50,000 அலைகளை ஓரங்குல இடை வெளியில் நிரப்பலாம்.

இந்த அலைகள் கற்பனை செய்ய முடியாத வேகத்தில் வருகின்றன. இவை இலையில் உள்ள, தம்மை விடச் சிறிய கார்பனிக அமிலத்தில் உள்ள கார்பன், ஆக்ஸிஜன் ஆகியவற்றின் அணுக்களைச் சந்தித்து, அவற்றைத் தளர்த்தி அவற்றின் கூட்டைச் சிதைக்கின்றன. ஆக்ஸிஜன் விடுபடுகிறது. கார்பனே, உடனடியாக வேறுவகைக் கூட்டுக்களில் சேர்ந்து கொள்கிறது. இவற்றில் உருப்பெருக்கியின்மூலம் நாம் இனங்கண்டு கொள்ளும் முதல் கூட்டுப் பொருள் ஸ்டார்ச்.

மாக்னிஷியம் எரியும்பொழுது வெளிப்படும் வெப்பத்தையும், ஒளியையும் எவ்வாறு சேமித்து வைக்க முடியும் என்பதை இப்பொழுது நாம் கண்டோம். இது சூரியனின் கதிர்களுக்கும் பொருந்தும், சூரிய ஒளியின் கதிர் ஒன்றை நேரடியாகப் பிடித்து அடைத்து விட முடியாது. இதற்காக நாம் தாவரங்களை வளர்க்கிறோம். இவை காற்றில் உள்ள கார்பனைத் தங்கள் இலைகளின் உதவியால் ஈர்த்துச் சேமித்து வைப்பது மட்டுமின்றி, கார்பனேடு கூடவே அதில் மறைந்துள்ள சூரியனின் கதிர்களையும் உட்கொண்டு சேமித்து வைக்கின்றன. விறகில் நமக்கு வெப்பமாக வெளிப்படுவது கோடைக்காலச் சூரியனின் கதிர்களாகும். நீண்ட குளிர்கால இரவுகளில் நமக்கு மெழுகுவர்த்தியின் மூலமாக ஒளி தருவது இதே கதிர்கள்தாம்.

இவ்விதமாக ஒளியை உட்கொள்வதில் தான் இலையின் உடலியல் முக்கியத்துவம் அடங்கியுள்ளது. இந்த வேலையை நிறைவேற்ற இலையின் தட்டையான வடிவம் தான் மிகச் சிறந்தது. சில தாவரங்களில் ஒளி உட்கொள்ளும் இலைப் பரப்பு, அவை மண்ணில் பரவியிருக்கும் பரப்பைப் போன்று பண்பது மடங்கு அதிகமானது.

இப்பொழுதுதான் இலையில் நிகழும் செயல்முறையின் முக்கியத்துவத்தை நாம் நன்கு புரிந்துகொள்ள முடிகிறது.

இதில் முதன்மையாக நடைபெறுவது தாவரத்தில் அடங்கியுள்ள மிக முக்கிய மூலகங்களில் ஒன்றான கார்பனைத் தன்மயமாக்குதல். இதே சமயத்தில் அனங்ககப் பொருள் அங்ககப் பொருளாக மாறுதலடைகிறது. நாம் முன்பு கூறியபடி, தாவரங்களிலும் விலங்குகளிலும் உள்ள அங்ககப் பொருள்கள் யாவும், இலையின் மூலம் நேரடியாகவோ அல்லது மறைமுகமாகவோ கிடைக்கின்றன. இலையில் இவை உருவாக்கப்படும் செயல்முறை அங்கக உலகம் முழுவதையும் சூரியனுடன் தொடர்பு படுத்துகிறது. அங்கக உலகில் சக்தியின் எவ்வகையான தோற்றத்திற்கும் சக்தியின் பொதுத் தொடங்கிடமான சூரியனுக்கும் ஒரு இணைப்பாக இலை விளங்குகிறது. தாவரங்கள் மட்டுமல்ல, மனிதனை உள்ளிட்ட விலங்குலகம் முழுவதுமே தாவரங்கள் சேமித்து வைக்கும் சூரியனின் சக்தியால் நன்மையடைகின்றன. விதை முளைக்கும்பொழுது வெப்பமடைகிறது என்று நாம் பார்த்தோம். இந்த வெப்பத்தை அது சுவாசத்தின் மூலம் பெறுகிறது. விதைக்கு, தாய்த் தாவரம் கொடுத்த அங்ககப் பொருளின் ஒரு பகுதி சுவாசம் நடைபெறும் பொழுது எரிக்கப்படுகிறது. இந்த அங்ககப் பொருளை உருவாக்குவதற்குச் சூரியனின் சக்தி பயன்படுத்தப்பட்டது. எனவே, தாய்த் தாவரம் சேமித்து வைத்த சூரியனின் சக்தியை, விதை முளைக்கும் பொழுது பயன்படுத்துகின்றது. இதே போன்று நாம் அங்ககப் பொருளை உணவாகப் பயன்படுத்தும்பொழுது அதில் மறைந்துள்ள சூரியனின் கதிர்களை உட்கொள்ளுகிறோம். இதிலிருந்து நம் உடலுக்கும் வெப்பம் கிடைக்கிறது.

இவற்றிலிருந்து பின் வருபவை தெளிவாகின்றன. தாவர உலகிற்கும், விலங்குலகிற்கும் தேவையான அங்ககப் பொருள்கள் புதிதாக உற்பத்தி செய்யப்படும் ஒரே ஒரு இயற்கை ஆய்வுக்கூடமான இலை, கார்பனை இவ்வாறு தன்மயமாகும்பொழுது சூரியக் கதிர்களின் சக்தியைச் சேமித்து வைத்துக்கொள்கிறது. இவ்வகையில் இலை அங்கக உலகம் முழுவதற்கும் சக்தியின் ஊற்றுக்கண்ணாக, வெப்பத்தையும் ஒளியையும் கடத்தும் கருவியாகத் திகழ்கிறது.

இதுகாறும், இலையில் கார்பனிக அமிலம் சிதைவது, சூரியனின் கதிர்கள் இலையால் உட்கொள்ளப்படுவது

முதலியவற்றைப் பற்றிப் பொதுப்படையாகக் கூறினோம். ஆனால் இவற்றை இன்னும் திட்டவட்டமாகக் கூற முடியும். மற்ற உணவுப் பொருள்கள் தன்மயமாவதுடன் ஒப்பிடுகையில் கார்பன் தன்மயமாவதிலுள்ள வேறுபாட்டைப் பற்றிக் கூறும்பொழுது, கார்பன் தன்மயமாகும் செயல்முறை நிகழும் நுட்பமான இடத்தை நாம் குறிப்பட்டுக் காட்ட முடியும். இந்த இடம் பச்சை நிறமான பசுங்கணிகம். சூரிய ஒளியின் ஒரு பகுதி பச்சையத்தால் உண்மையாகவே உட்கொள்ளப் படுகின்றது என்றும், இவ்வாறு உறிஞ்சப்பட்ட கதிர்கள்தான் கார்பன் தன்மயமாவதில் ஆரம்பக் கட்டமான கார்பனிக அமிலச் சிதைவையும் முடிவு நிலையான ஸ்டார்ச் உருவாதலை யும் ஏற்படுத்துகிறது என்றும் நாம் காட்ட முடியும். பசுங் கணிகத்தில் உள்ள பச்சையம் சூரிய ஒளியை உறிஞ்சுவதால் ஏற்படுகிற பச்சை நிறம் தாவரங்களின் தற்செயலான பண் பல்ல, அதன் ஊட்டத்தின் மிக முக்கியமான செயல்முறை யுடன் நெருக்கமாகத் தொடர்புகொண்டது. எனவே சூரியனுக் கும் பூமியில் உள்ள உயிரினங்களுக்கும் இடையே இணைப்பாக விளங்குவது இலை முழுவதும் அல்ல, அதற்குப் பச்சை நிறம் தருவதான பசுங்கணிகம்தான்.[1]

---

[1] தாவர உடலியலில் இவ்வதிகாரம் மிகவும் அக்கறைக் குரியது. இவ்விரிவுரையின் பல்வேறு பகுதிகளுக்கும் சம அளவைக் கடைப்பிடிக்க வேண்டியிருப்பது இதை உரிய அளவு முழுமையாகக் கூற எனக்கு இடமளிக்கவில்லை. இவ் விஷயம் பற்றி இன்னும் நன்கு தெரிந்துகொள்ள விரும்புபவர் கள் இப்புத்தகத்திற்குப் பின்னிணைப்பாக உள்ள "தாவரம் சக்தியின் மூலம் என்ற வகையில்" என்னும் விரிவுரையில் இதை விரிவாகக் காண்பார்கள். இந்த விரிவுரையில் எனது விசேஷப் புத்தகமான "தாவரத்தால் ஒளி தன்மயமாக்கப் படுதல்" என்பதில் உள்ள முக்கியமான விளைவுகளும் அதே துறையில் உள்ள எனது தொடர்ந்த ஆராய்ச்சி விவரங்களும் யாவருக்கும் எளிதில் புரியும் முறையில் கூறப்பட்டுள்ளன. இதே விவரங்கள் "தாவரமும் சூரியனின் சக்தியும்" (எனது "விரிவுரைகளும் சொற்பொழிவுகளும்," மாஸ்கோ, **1888**), எனது குறுகிய விரிவுரையான "பச்சைத் தாவரத்தின் பிர பஞ்ச முக்கியத்துவம் வாய்ந்த பங்கு" ("ராயல் கழகத்தின் நிகழ்ச்சி விவரங்கள்", **1903**) என்பதிலும் இன்னும் விரிவாகக் கூறப்பட்டுள்ளன.

இப்பொழுது பச்சை இலையின் வேலையைப் பார்த்தோம். பச்சை நிறப் பொருள் இல்லாத தாவரங்கள் கார்பனிக அமிலத்திலிருந்து தாமாகவே தங்களுக்கு வேண்டிய அங்ககப் பொருளைத் தயாரிக்க முடியாது. அவை பிற தாவரங்கள் தயாரித்து வைத்துள்ள அங்ககப் பொருள்களைப் பெற்று வாழ நேரிடுகிறது. உதாரணமாக, **நாய்க் குடைகள், பூஞ்சணம்** போன்ற காளான் இனத் தாவரங்கள் ஏற்கனவே அங்ககப் பொருள் இருக்கும் மண்ணில்தான் வளர முடியும். இப்பொருள்கள் இல்லாத ஊடகத்தில் அவற்றை வளர்க்கச் செய்யும் ஒவ்வொரு முயற்சியும் பயனற்றதாகி விடும். பிற தாவரங்களின் வேர், தண்டு ஆகியவற்றின் மீது தங்களை இணைத்துக் கொண்டு வாழும் தாவரங்களும் இதே பிரிவைச் சார்ந்தவைதாம். உதாரணம் **புரும்-ரேப்**, இது சணல் தாவரத்தின் வேர்களில் வளருகிறது; **டோடர்** (*Cuscuta*), இது ஹாப், சணல், குளோவர் போன்ற தாவரங்களைச் சுற்றிக் கொண்டு முடிவில் அவற்றைப் பாழ்படுத்திவிடுகின்றது. இந்தத் தாவரங்கள் எல்லாவற்றிலும் இலைகளுக்குப் பதிலாக பச்சையல்லாத வேறு நிறங்கொண்ட விகாரமான செதில்கள் உள்ளன, அல்லது இவற்றில் இலைகளே இருப்பதில்லை. எனவே இவை தனித்து வாழும் திறமையற்றவை. இவை மற்றத் தாவரங்களிலிருந்து சாறுகளை உறிஞ்சிப் பெறுகின்றன. இம்மாதிரித் தாவரங்கள் **ஒட்டுண்ணிகள்** எனப் படுகின்றன. இவை யாவும், (முக்கியமாக, தாவரங்களுக்குப் பல்வகை நோய்களை உண்டாக்கும் நுண்ணிய காளான்கள்) குடியானவர்களுக்குப் பெருத்த தொல்லை தருகின்றன. இவை அடிக்கடி விளைச்சல் முழுவதையுமே அழித்து விடுகின்றன.

* * *

இவ்விதமாக இலையின் வேலைதான், மனிதன் உட்பட, அங்கக உலகம் முழுவதும் பெறும் பொருள், சக்தி ஆகியவற்றிற்குக் காரணம். ஆனால் மனிதன் பல ஆண்டுகளாக, இலையை அவசியமான அல்லது உபயோகமுள்ள உறுப்பு என்று ஒப்புக்கொள்ள மறுத்தான்.

இவ்வாறு வருடக்கணக்காக இலைக்கு இழைக்கப்பட்ட அநீதியும், நன்றி கெட்ட செயலும் கவிதை வடிவத்தில் கூட காட்சி தருகின்றன. நம்மில் ஒவ்வொருவருக்கும் பிள்ளைப் பிராயம் முதற்கொண்டே க்ரிலோவ்[1] நீதிக் கதையான ''இலைகளும் வேர்களும்'' என்பது தெரியும். இந்த நீதிக் கதை, இலையின் வேலை பற்றிய தவறுதலான கருத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளது. க்ரிலோவ் இலையை அவதூறு செய்துள்ளார். நான் தாவரவியல் அறிஞனாக இருப்பதால், எதிர்த் தரப்பு வக்கீலாக இப்பொழுது வாதிடுகிறேன். நான் உங்களுக்கு இயற்கையுடன் இயைபு பெறும் மற்றொரு நீதிக் கதையைக் கூறுகிறேன். நான் கூறுவதில் கவித்துவம் குறைவுதான். ஆனால் இதில் உள்ள நீதி சரியானது. உங்களுக்கு க்ரிலோவ் நீதிக் கதைக்குரிய பொருள் தெரியும். அதில் வேர்கள் கீழ்க் கண்டவாறு வர்ணிக்கப்பட்டுள்ளன:

> ''காய்த்த தம் கரங்களின் உழைப்பால்,
> சலுகை
> வாய்த்திடும் நாம் நம் வாழ்நாள் முழுதும்
> இயலிலும் கலையிலும் இதயமார் கனவிலும்
> முயல்வதற் கிடந்தரும் மொய்ம்புடை
> வள்ளல்கள்.''

வேர்கள்

> ''கடியதாம் வாழ்க்கைப் பாதையில், என்றும்
> விடிவிலா இருளில் உழன்றிடும் ஏழையர்''

ஆகிய ''ஒளியற்ற'' பொதுமக்கள்.

இதில் இலைகள் நாம்தாம். நாம் நம் வாழ்நாள் முழுதும் ''இயலிலும் கலையிலும் முயல்கிறோம்.'' நாம் நமது ஓய்வு நேரங்களில் ஒளியையும், காற்றையும், ''நமது இதயமார் கனவுகளுக்கு''ப் பயன்படுத்துகிறோம். க்ரிலோவ் ஆக்கபூர்வமான செயல்கள் வேர்களுக்கு மட்டும்தான் உண்டு

---

[1] க்ரிலோவ்—மிகச் சிறந்த ருஷ்ய நீதிக் கதாசிரியர். (மொ-ர்.)

என்ற கருத்தில், இலைகள் வெறும் அலங்காரப் பொருள்கள் என்று கூறுகிறார். இதை வலியுறுத்தி இலைகள் வேர்களுக்கு நன்றியுள்ளவையாக இருக்க வேண்டும் என்று கோருகிறார்.

உயிருள்ள பச்சை இலைகள் தென்றலுடன் ரகசியம் பேசத்தான் இருக்கின்றனவா? ஆடு மேய்ப்பவர்களுக்கு நிழல் தரத்தான் இருக்கின்றனவா? அவற்றிற்கு வேறு வேலை இல்லையா? வேரிற்கு நன்றி செலுத்துவது மட்டும் தானா இலைகளுக்குரிய செயல்? இல்லை. தாவரத்துக்கு உணவளிப்பதில் இலை வேரைவிட எந்த முறையிலும் தாழ்ந்துவிடவில்லை என்பது இப்போது நமக்குத் தெரியும். சென்ற விரிவுரையில், வேர் மிகவும் கஷ்டப்பட்டுப் பெறும் இரும்பு உப்பைத் தாவரத்துக்குக் கொடுக்காமல் இருந்தால், இலைகளுக்கும் தாவரத்துக்கும் என்ன நேரிடுகிறது என்று பார்த்தோம். அடுத்த விரிவுரையில் இலைகள் தாவரத்துக்கு வாயுமயமான, தொட்டுணர முடியாத உணவை அளிக்காமல் இருந்தால் என்ன நிகழும் என்று காண்போம்.

க்ரிலோவ் கூறும் இலைக்கும் உயிருள்ள இலைக்கும் எந்த ஒற்றுமையும் கிடையாது.

அவர் வருணிக்கும் பயனற்ற இலைகளுடன் ஒப்பிடப் படுவது இழிவு, அவமானம் என்றால் உண்மை இலைகளுடன் ஒப்பிடப்படுவது முழுவதும் பெருமைக்கு உரியதாகும்.

நீதிக் கதையை மாற்றினால், அதன் நீதியும் மாறுதலுறும். நமது கதையிலிருந்து என்ன நீதியை நாம் கூற முடியும்? ஒன்றே ஒன்றுதான். நாம் இலைக்கு ஒப்பிடப்பட்டால், அது முழுமையான ஒப்புமையாகவே இருக்கட்டும். இலைகளான நாம் நமது வேர்களுக்கு அறிவு என்ற சக்தியைத் தருகிறோம். அது இல்லாவிட்டால் வலு மிகுந்த கரங்கள் கூடப் பயனற்றுப் போகும். இலைகளான நாம், வேர்களுக்கு விஞ்ஞானம் என்ற ஒளியைத் தர வேண்டும். விஞ்ஞானம் இன்றேல், மிகச் சீரிய முயற்சியும் பெரும்பாலும் தோல்வியுறும்.

நாம் இதில் தோல்வியுற்றால் நமது ஒளி இருளாயிருந்தால், கதையில் வரும் இலைகளைப் போல், வேரின் பணிகளுக்குத் தகுந்த முறையில் நாம் பதில் உதவி செய்யாவிட்டால், நாம் பெறமட்டுமே செய்து கொண்டு பதிலுக்கு ஒன்றுமே

கொடுக்காவிட்டால், அப்போது நமக்கு மட்டரகமான அவமைகள் இயற்கையின் அகராதியில் உள்ளன. காளான்கள், பூஞ்சணம், ஒட்டுண்ணிகள் என்றுதான் நாம் அழைக்கப்பட வேண்டும்.

உயிருள்ள இலேகளேப் பற்றி நாம் இதுவரை தெரிந்து கொண்டதிலிருந்து நாம் பெறக் கூடிய நீதி இதுதான். இது நீதிக் கதையாசிரியர்களின் கற்பனேக் கதைகளில் உள்ள நீதி அல்ல. இந்த நீதி சற்று கடுமையாக இருந்தாலும், இயற்கையின் விதிகளுடன் முற்றிலும் பொருந்துகிறது.

VI

தண்டு

இலைக்கும் தண்டிற்கும் இடையே இணைப்பாக உதவுதல் தண்டின் இரண்டாந்தர வேலையே. தண்டின் வடிவங்கள். உள் கட்டமைப்பு. உயிரணு, நார், குழாய். மூவகைத் திசுக்கள்: ஊட்டத் திசு, இயந்திரத் திசு, கடத்தும் திசு. இணைப்புத் திசுவும் கட்டுகளும். ஒற்றை விதையிலை, இரட்டை விதையிலைத் தாவரங்களில் தண்டின் கட்டமைப்பு. மரமும் மரப்பட்டையும்.

நீரின் மேலேறும் ஓட்டம். அதன் பாதையும் ஏறுவதற்கான நோக்கமும். இதில் வேரின் பங்கு—வேரின் தண்ணீரை மேலேற்றும் திறன். இதில் இலைகளின் பங்கு—நீரை ஆவியாக்கல். இலைத்துளைகளின் வேலை. குழாய்களின் வேலை. கரைக் குழிகளின் வேலை. சாறு இயக்கத்தின் வேகம். தக்கைத் திசுவின் வேலை. இலை உருவாக்கிய ஊட்டப் பொருள்களின் இயக்கம். இந்த இயக்கத்தின் பாதை. சல்லடைக் குழாய்கள், மரப்பால் குழாய்கள் ஆகியவற்றின் வேலை. இந்த இயக்கத்தின் காரணம். ஊட்டப் பொருள்கள் சேமித்து வைக்கப்படல்.

ஊட்ட முறையை முக்கியக் கண்ணோட்டமாகக் கொண்டு, தாவரத்தை ஆராய்ந்தால் அது வசிக்கும் இரட்டை ஊடகத்திற்கு ஏற்ற தகவமைப்பு கொண்ட, நன்கு வளர்ச்சியுற்ற இரு பரப்புக்களை நாம் காண்கிறோம் என்று முன்பே கூறியுள்ளோம். அவையாவன வேர்ப் பரப்புக்களும், இலைப் பரப்புக்களும் ஆகும். வேர்ப்பரப்பு திடப் பொருள் ஊடகத்

திற்கு ஏற்ப அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இது நீளப் போக்கில் அதிகமாக வளர்ந்துள்ளது. ஏனென்றால் வேர் ஏராளமான அளவு மண் துணுக்குகளுடன் தொடர்பு கொள்ள வேண்டி வருகிறது. இலைப்பரப்பு வாயு மண்டலப் பொருள்களை உட்கொள்வதற்கு ஏற்ப, முக்கியமாகத் தன்மேல் விழும் ஒளியை உட்கிரகிப்பதற்கு ஏற்ப, ஒரே மட்டத்தில் வளர்ந்துள்ளது. இவ்விதமான அமைப்பு இருப்பதால், தகுந்த சூழ்நிலையில் மண்துணுக்கு வேரிலிருந்து தப்ப முடியாது, சூரிய ஒளி இலையில் படாமல் இருக்க முடியாது.

இலை, வேர் ஆகியவை உறிஞ்சும் பொருள்கள் வெவ்வேறானவை. ஆனால் இவை தாவரத்துக்கு அவசியமான பொருள்கள். இதிலிருந்து இந்த உறுப்புக்கள் உயிருடன் இருப்பதற்கும், தாவரம் முழுமையும் உயிர் வாழ்வதற்கும் இவ்வுறுப்புக்களுக்கிடையே பரஸ்பரத் தொடர்பு இருக்க வேண்டும் என்பது தெரிகிறது.

இவ்விரு உறுப்புக்களையும் இணைப்பதும் இலைகளைத் தாங்குவதுடன் அவற்றுக்கும் வேருக்கும் நடுவிலுள்ள இடைப் பகுதியாக விளங்குவதும் ஆன உறுப்பு தண்டு. இடை உறுப்பாக மட்டும் இருப்பதால் இந்த உறுப்பு வேர், இலை, ஆகியவற்றைப் போன்ற அவசியமான உறுப்பு அல்ல. ஆகையினால் இது சில சந்தர்ப்பங்களில் நன்கு வளர்ச்சியுறுவதில்லை. ஆனால் இது நன்கு வளர்ந்திருந்தால், அந்தத் தாவரத்தின் வாழ்க்கையையும், அந்த இடத்தில் உள்ள தாவர வாழ்க்கையையும் தீர்மானிக்கும் உறுப்பாகத் தோன்றும். எல்லோருக்கும் **மெடோபிளான்டெனைப்** பற்றித் தெரியும். இதன் இலைக்கொத்து திருகடுக்காக, அனேகமாகத் தரையோடு தரையாகக் கிடக்கும். இதில் தண்டு அனேகமாக வளர்ச்சி அடையவில்லை. இதனால் இதில் இலைகள் நெருக்கமாக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இதே போன்ற தன்மைக்கு உதாரணம் அமெரிக்க அகவே[1] கற்றாழை ஆகும். இது தெற்கு ஐரோப்பாவில் திறந்த வெளிகளில் வளருகிறது. இங்கு வட ஐரோப்பாவில், வெப்பத் தோட்டங்களில் வளருகிறது.

[1] தமிழ்நாட்டில் இது ஆனைக் கற்றாழை அல்லது ரெயில் கற்றாழை எனப்படுகிறது.— **(மொ-ர்.)**

இத்தாவரத்தில், சதைப் பற்று மிகுந்த பெரிய மடல்கள் கொத்துக்களாக உள்ளன. இந்த மடல்கள் அனேகமாக ஏழு அடி நீளம் இருக்கும். இந்தக் கற்ருழைகளில் பத்து வருடங்களுக்கு ஒரு முறை இருபத்தி எட்டு அடி உயரமுள்ள அடுக்கு விளக்குத்தூண் போன்ற பூத்தண்டு வளர்கிறது. மிக விசித்திரமான ஒரு ஆப்பிரிக்கத் தாவரத்திலும் நாம் குறைந்த அளவே தண்டு வளர்ந்துள்ளதைக் காண்கிருேம். மிகப் பரந்த வறண்ட ஸ்டெப்பிப் பாலை நிலத்தைக் கற்பனை செய்து கொள்ளுங்கள். இதன் சில பகுதிகளில் தரை மட்டத்திற்கு மேலாகச் சற்றே உயர்ந்திருக்கும் சிறு சிறு குட்டைத் தண்டுகளைக் காணலாம். இவற்றின் உட்பகுதி புனல் போன்று சற்று குழிவாக உள்ளது. குறுக்காகச் சிறு குழிகள் உள்ளன. தண்டின் இருபுறத்திலும் இதன் குழிகளின் விளிம்புகளிலிருந்து, அகன்று நாலிலிருந்து ஏழு அடி வரை நீண்டிருக்கும் இரண்டு பகுதிகள் காணப்படுகின்றன. இப்பகுதிகள் கரடுமுரடாகத் தோல்போல இருக்கின்றன. இவை அடிப்பகுதியில் பச்சையாகவும் விளிம்புகளில் பழுப்பாகவும் இருக்கின்றன. ஊசியிலை மரங்களில் தார்தாராகக் கிழிந்தும் மொத்தத்தில் ஒரே கந்தலாகவும் வளரும் கூம்பு போன்ற பகுதிகள் தண்டுகளின் ஓரங்களில் ஆங்காங்கு வளருகின்றன. இத்தாவரத்தின் பெயர் *Welwitschia* இதன் மற்ருெரு பெயர் *mirabilis* — அற்புதமானது என்பதாகும். இத்தாவரத்தின் சிறப்புப் பண்பை அடிப்படையாகக் கொண்டு இப்பெயர் அளிக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் பல்வேறு பகுதிகளின் முக்கியத்துவம் பின்வருமாறு: இதன் குட்டைத் தண்டு எப்பொழுதுமே தரையினுள் பாதி புதைந்திருக்கிறது. இது படிப்படியாக வேராக மாறுகிறது. இதுதான் அடி மரம். இது மிக அபூர்வமாக இரண்டடிக்கு மேலாக வளருகிறது. இருப்பினும் இந்தச் செடி நூறு வருடங்களுக்கு மேலாக உயிர் வாழ்கிறது. மேலே விவரித்துள்ள இரண்டு சிதைந்த பகுதிகளும் இலைகள் ஆகும். இவை செடியின் வாழ்நாள் முழுவதும் இருக்கின்றன. இவற்றின் விளிம்புகள் பட்டுப் போய் அடிப்பகுதியிலிருந்து படிப்படியாக வளருகின்றன.

தடையுற்ற, அனேகமாகத் தண்டற்ற வளர்ச்சியுள்ள தாவரங்களை விட்டுவிட்டு கம்பீரமான பனை வகை மரங்

றைக் கவனிப்போம். என்டிலிஹர் என்னும் அறிஞர் இவற்றைத் தாவர உலகின் இளவரசர்கள் என்ற பொருள் பட *principes* என அழைத்தார். இவற்றின் அடி மரங்கள் நெட்டுக்குத்தான தூணைப் போல மிக அதிக உயரத்திற்கு வளருகின்றன (இவற்றை மாதிரியாகக் கொண்டே தூண்கள் கட்டப்பட்டன என்று கருப்படுகிறது.) உச்சியில் அடர்த்தியாக மட்டைகள் காணப்படுகின்றன. ஆனால் பனைகளின் அடி மரம் ஒரு தலைப் பட்சமான வளர்ச்சிக்கு மட்டும்தான் உதாரணமாக விளங்குகிறது. அவை நீளப் போக்கில் வளருகின்றன, மிக உயரமாகவும், கம்பீரமாகவும் காட்சியளிக்கின்றன. ஆனால் அவற்றில் கிளைகள் தோன்றுவதில்லை. அவை பருப்பதில்லை. அகன்ற இலையுள்ள மரங்களிலும், நமது ஊசியிலை மரங்களிலும் வேறு விதமான காட்சியை நாம் காண்கிறோம். இங்கு சுற்றளவு அதிகமாகிறது, ஏராளமான கிளைகள் தோன்றுகின்றன. இவை மிகப் பெரியவையாக வளருகின்றன. உதாரணமாக கலிபோர்னியா வெலிங்டோனியா என்னும் மரத்தின் அடி மரத்தின் எல்லைக்குள் நடனமாடக் கூட இடமிருக்கும். எட்னமலை மீது உள்ள பிரம்மாண்டமான செஸ்ட்நட்டு மரத்தின் உட்புறத்தில் சிறு கோயில் ஒன்று கட்டப்பட்டுள்ளது. பயோபாப் மரத்தின் நிழலில் பாலைவன வியாபாரக் கூட்டம் முழுவதும் தங்க முடியும் என்று பிரயாணிகள் கூறுகின்றனர். இது போன்ற பிரம்மாண்டமான மரங்கள் ருஷ்யாவில் காடுகளில் கூட இல்லை எனினும் பழங்கால மரங்களுக்கு உதாரணமாக கூந்த்ஸெவோ ஓக் மரம் போன்றவற்றைக் கூறலாம். இதன் அடிமரம் ஆழமான ஓடை ஒன்றின் அடிப்பரப்பிலிருந்து கிளம்புகிறது. அதன் உச்சி, ஓடையின் கரைகளில் உள்ள லைம் மரம், ஆஸ்பென் மரம் போன்றவற்றின் உச்சிகளுக்கும் மேலாக உள்ளது.[1]

---

[1] ''இயற்கையின் ஞாபகச் சின்னங்களைப் பாதுகாப்பது'' பற்றி மிகவும் அதிகமாகப் பேசப்படுகிறது. அதிகமான மதியம் பெறும் ஆபீசர்கள் அடங்கிய குழு ஒன்று இந்தப் பிரச்சினையை ஆராய அமைக்கப்பட்டுள்ளது. கூந்த்ஸெவோ ஓக் மரத்தை நான் நாற்பது வருடங்களாகக் கவனித்துக் கொண்டு வருகிறேன். இதைப் பற்றி ஒரே ஒரு தாவரவியல் அறிஞர்தான் கவனம் செலுத்தினர். அவர் ''இயற்கை

தழைப் பந்தலை—சூரியக் கதிர்களை உட்கொள்வதற்கான பெரிய இலைப்பரப்பைத்—தாங்கும் தன் கடமையை நிறைவேற்றுகையில் தண்டு இவ்விதப் பரிமாணங்களைப் பெற முடியும். இந்த நோக்கத்திற்கு ஏற்ப அது எவ்வாறு தகவமைப்பு பெற்றுள்ளது என்பதை நாம் எளிதாகக் கண்டு கொள்ளலாம். பைன் மரக் காடுகளில் நல்ல பகலில் கூட நிலவும் அரை இருள் நமக்கு நன்கு தெரியும். இதற்கு அந்தக் காட்டில் உள்ள மரங்களில் ஊசி போன்ற பரப்புக் குறைந்த இலைகள் அதிக பட்சம் சூரிய ஒளியை மறைப்பதற்கு ஏற்ப சாதகமான நிலையில் அமைக்கப்பட்டிருப்பதே காரணம். தண்டின் மீது இலைகள் அமைக்கப்பட்டிருப்பது முதலில் ஒழுங்கற்ற முறையில் தோன்றினாலும், சற்று நெருங்கிப் பார்த்தால் அவற்றில் வியக்கத்தக்க ஒழுங்கு நிலவுவதைக் காணலாம். இந்த உண்மையை முதன் முதலில் கவனத்திற்குக் கொண்டு வந்தவர் இத்தாலியப் பெருங்கலைஞர் லியோனர்டோ டா வின்சி என்பவர்தான் என்று நான் கருதுகிறேன். ஆனால் பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டு வரை தாவரவியல் அறிஞர்கள் இச்செயலைப் பற்றி ஆராயவில்லை. இவ்வாறு இலைகள் அமைக்கப்பட்டிருப்பதில் உள்ள ஒழுங்கைக் கீழ்க்கண்ட விவரங்களில் காணலாம். தண்டில் உள்ள இலைகள் ஒன்றையொன்று மறைக்காமல், ஒன்றின் நிழல் மற்றொன்றின் மீது விழாதபடி அமைக்கப்பட்டுள்ளன. அதே சமயத்தில் மரத்தின் மீது படும் சூரிய ஒளி பயனற்றுப் போகாதபடி தடுப்பதற்கு ஏற்ப இவை அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

விஞ்ஞானமும் பூகோளமும்'' என்ற புத்தகத்தில் ஒரு ''பெரிய உண்மை''யை வெளியிட்டார். ''இந்த ஓக் மரத்தில் குறிப்பிடத்தக்கது ஒன்றுமில்லை'' என்பதுதான் அது. 1913 ஏ. என். ஸ்த்ரோகனவ் எனக்குப் பரிசளித்த நீர் வண்ண ஓவியத்திலிருந்து இந்த ஓக் மரம் அபாயத்திற்குள்ளாகி இருக்கிறது என்பது தெரிகிறது. இதன் பட்டையின் பல பெரிய துண்டுகள் உரிக்கப்பட்டுள்ளன. [இம்மரத்தின் மீது இடி விழுந்துவிட்டது. —(ப-ர்).] நமது பள்ளி மாணவர்களுக்கு ''மரம் நட்'' கற்றுத் தரப்படுகிறது. ஆனால் மரப்பட்டைகளுக்கு ஊறு விளைவிப்பதன் மூலம், ''இயற்கையின் அற்புத ஞாபகச் சின்னங்களு''க்கு அபாயம் அளிக்கிறார்கள் என்று அவர்களுக்கு கற்றுத் தந்தால் நலமாக இருக்கும்.

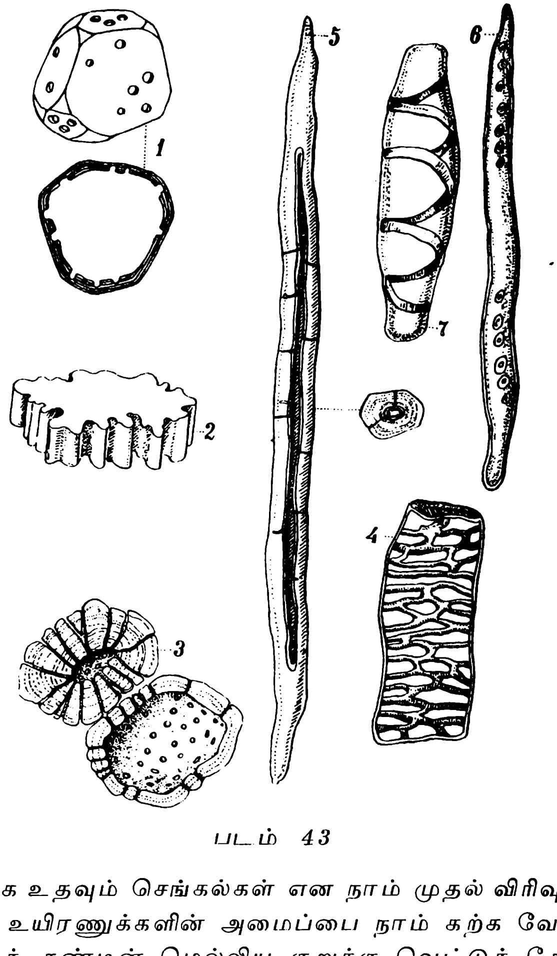
...பிளான்டேன் மரத்தில் இலைகள் திருகடுக்காக அமைக்கப்பட்டுள்ளது இதை எளிதாக விளக்கும். இவற்றில் ஒன்பதாவது இலை முதல் இலைக்கு அதாவது எல்லாவற்றுக்கும் அடியில் உள்ள இலைக்கு நேராக இருக்கும்படியாக இலைகள் மாறிமாறி உள்ளன. உண்மையில் இலைகள் எவ்வளவு அதிகமாக ஒன்றிலிருந்து ஒன்று பிரிக்கப்பட்டுள்ளனவோ அவ்வளவு குறைவாக அவை ஒன்றையொன்று மறைக்காமல் இருக்கின்றன. ஆனால் தண்டு குறிப்பிட்ட கனத்தை அடைந்தால்தான் இலைப் பகுதி நன்கு வளர்ச்சியுற முடியும். பல மரங்களில், இது நிகழ வேண்டுமானால் ஏராளமான ஆக்கப்பொருள்களைச் செலவிட வேண்டியிருக்கிறது. ஏனென்றால் எண்ணற்ற இலைகளை அமைப்பதற்காகத் தண்டு நிலையாகவும், உறுதியாகவும் இருக்க வேண்டும்.

இருப்பினும், எண்ணற்ற இலைகளையும் உற்பத்தி செய்து, மிக உயரமாக வளரும் தாவரங்களில் ஆக்கப் பொருள்கள் சிக்கனமாகப் பயன்படும் உதாரணங்களும் உள்ளன. இவை படரும் தாவரங்கள். இவற்றின் மெல்லிய தண்டுகள், மற்ற மரங்களையோ அல்லது உயிரற்ற பொருள்களையோ தங்களுக்கு ஆதாரமாகத் தேடிக்கொள்கின்றன. இவை வளைந்து வளைந்து சென்று அதிகமான உயரத்திற்கு வளருகின்றன. இவை ஏராளமான இலைகளை உற்பத்தி செய்கின்றன. இந்த இலைகளின் எடையை இத்தாவரங்களால் எந்த உதவியுமின்றித் தாங்க முடியாது. ஹாப், பின்ட்வீட், ஐவி போன்றவை இவ்வகைத் தாவரங்களுக்கு உதாரணம். இவற்றைப் பொதுவாக **லயேன்கள்** என்று அழைக்கின்றனர்.

* * *

பொதுவாகத் தண்டிற்கு இரண்டு வேலைகள் உள்ளன: அது இலைகளைத் தாங்க வேண்டும், அது வேரிலிருந்து சாற்றை இலைகளுக்கும், இலைகளிலிருந்து சாற்றை வேருக்கும் செலுத்துகிறது. இவற்றிற்காகத் தண்டில், திடத் தன்மை, உறுதி, வளையும் தன்மை போன்ற இயந்திரத் தன்மை வாய்ந்த இயல்புகள் இருக்க வேண்டும். ஆனால் அதில் சாற்றைக் கொண்டு செல்ல சில குழாய்களும் இருக்க வேண்டும், அல்லது ஏதாவதொரு வழி இருக்க வேண்டும். தண்டு இந்த

வேலைகளை எவ்வாறு நிறைவேற்றுகிறது என்பதை நாம் அறிந்து கொள்ள வேண்டுமானல் அதன் கட்டமைப்பைப் புரிந்து கொள்ள வேண்டும். இதற்காக முதலில் தாவரங்களை



படம் 43

உருவாக்க உதவும் செங்கல்கள் என நாம் முதல் விரிவுரையில் குறித்த உயிரணுக்களின் அமைப்பை நாம் கற்க வேண்டும்.

மரத் தண்டின் மெல்லிய குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம் ஒன்றைக் கவனித்தால், அதில் மிகவும் நுணுக்கமான துளைகள் இருப்பதைக் காணலாம். இவை உயிரணுக்கள் இருந்த

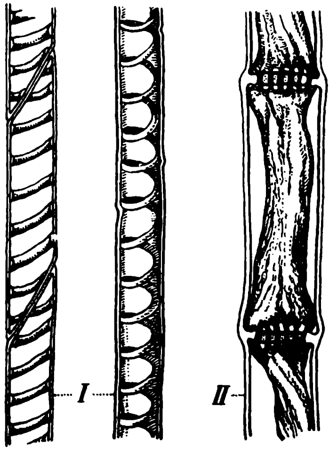
..ட்குழிகள். நாம் உயிரணுவின் உட்புறத்தையும் அதன் ரசாயனப்பொருள்களையும் பற்றி ஏற்கனவே அறிந்துகொண் டோம். தற்பொழுது உயிரணுவில் உள்ள ஆக்கப் பொருள் களைப் பற்றி இயந்திர ரீதியான கண்ணோட்டம் கொண்டு அறிந்துகொள்ளலாம். இந்த விஷயத்தில் முக்கியமான பங்காற்றுவது அதன் திண்ணமான சட்டகம், அதன் சுவர்தான். இந்தச் சுவரைப் பொறுத்துத்தான் தாவரத்தின் முழு வடிவமும் அமைகிறது.

தனித்து இருக்கும் பொழுது உயிரணு பெரும்பாலும் கோள வடிவமாக இருக்கிறது. திசுக்களில் இருப்பது போல், மற்ற உயிரணுக்களுடன் தொடர்பு பெற்றிருக்கும் பொழுது அது பல பட்டைகள் உள்ளதாகிறது (படம் 43—1ல் காட்டப்பட்டுள்ளது போன்றது). இந்த வடிவம், உயிரணு அதன் வாழ்நாளில் எல்லாப் பக்கங்களிலும் வளர்ந்துள்ளது என்பதைக் காட்டுகிறது. உயிரணு, இதற்குப் பதிலாக, இரு பக்கங்களில் மட்டும் வளர்ந்திருந்தால் தட்டையாக, சிறு மேசைப்பலகை போன்று இருந்திருக்கும். இவ்வித உயிர ணுக்கள் பெரும்பாலும் உறுப்புக்களின் மேற்பரப்பில் காட்சி தருகின்றன. இவை தாவரத்தின் புறத்தோல் திசுவை அமைக் கின்றன (படம் 43—2). மேலும், உயிரணு ஒரே ஒரு அச்சில் வளர முடியும். இப்பொழுது, பலபட்டை அல்லது, தட்டை வடிவம் உள்ள உயிரணு தோன்றுவதில்லை. பதிலாக நீண்ட, குறுகலான நார் போன்ற உயிரணு தோன்றுகிறது (படம் 43—5, 6). இந்த நீண்ட நார்கள் மரங்களின் மரப் பகுதியாக அமைகின்றன. ஆனால் இவற்றை விட நீளமான நார்கள் உள்ளன. உதாரணமாக, நூற்கப் பயன்படுகிற சணலில் உள்ள நார் போன்ற உயிரணுக்கள் தமது விட்டத்தை விட ஆயிரம் மடங்கு பெரிதானவை. எனவே இவற்றை உண்மையான அளவுப்படி ஒருநேர் கோடு போன்றுதான் நாம் காட்ட முடி யும். உயிரணுக்கள் அவற்றின் பொது அமைப்பிலும் வெளித் தோற்றத்திலும் மாறுபடுவது மட்டுமல்ல, உயிரணுச் சுவரே கட்டமைப்பில் வெகுவாக மாறுபடுகின்றது. அது ஒரு சீராக வும் மெல்லிதாகவும் (படம் 43—1, 2ல் போல) இருக்கும் அல்லது ஒற்றை மைய அடுக்குக்களாக எங்கும் தடித்திருக்கும் (படம் 43—3,5). இந்த அடுக்குகள் உயிரணுச் சுவர்மேல்

ஒரே சீராகப் படிந்திருக்கா. ஒரு சில இடங்களில் மட்டும் தான் படிந்திருக்கும். இதனால் இவை பல விநோதமான கோலங்கள் பெறுகின்றன. உதாரணமாக உயிரணுச் சுவரில் ஒரு சில பகுதிகளில் தடிப்பான பொருள்கள் படியாமல் இருந்தால், உயிரணு முழுவதும் ஒரே சீராக ஒளி புகும் தன்மையைப் பெற்றிருக்காது. பல புள்ளிகள் இட்டது போல் தெரியும். குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தில் இந்தப் புள்ளி களுக்குச் சமமாக, உயிரணுச் சுவரில் பல சிறு கால்வாய்கள் உருவாகியிருப்பதைக் காணலாம் (படம் 43—1,3). அருகருகில் உள்ள உயிரணுக்களின் கால்வாய்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று பொருந்துகின்றன. இதனால் இந்தப் புள்ளிகள், அல்லது **துளைகள்** அல்லது **குழிகள்** இரண்டு உயிரணுக்கள் சந்திக்கும் இடத்தில் உள்ள இணைப்பாக மட்டும் விளங்குகின்றன. இவை சந்திக்கும் இடத்தில் உயிரணுக்களைப் பிரிக்க மெல்லிய ஆரம்பச் சவ்வு மட்டும் உள்ளது. இச்சவ்வு வழியாக உயிரணுச் சாறு சுலபமாக வியாபிக்க முடியும். சில சமயங் களில் இந்த மெல்லிய உயிரணுச் சுவர் கூட மறைந்து விடுகிறது. பக்கத்து உயிரணுக்களின் உட்குழிகள் ஒன்றுடன் ஒன்று நேரடியாகத் தொடர்பு கொள்கின்றன. உயிரணுக் களின் சுவர்கள் பெரும் பகுதி தடிப்பாகாவிட்டால் உட்பக்கம் ஏற்படும் தடிப்புக்கள் வலைகள் போன்றும், வளையங்கள் போன் றும், புரிவடிவில் முறுக்கிய நாடாபோன்றும் பல தரப்பட்டுக் காட்சி தருகின்றன (படம் 43—4,7). உருப்பெருக்கி கொண்டு உயிரணுவின் அமைப்பை ஆராய்பவர்கள் தடிப்புக் களிலும் துளைகளிலும் உள்ள இந்த வடிவ வேறுபாடுகளை மிகவும் கவனமாக விவரித்துள்ளனர். தாவர உடலியல் அறிஞர்களுக்கு, வடிவம் தாவரத்தின் வாழ்க்கையில் கொண்டுள்ள அர்த்தம், அது ஆற்றும் பங்கு என்ன என்பது தெரியாத வரையில், இந்த வடிவம்மட்டுமே, அது எவ்வளவு தான் விந்தையானதாயிருப்பினும் எவ்வித அக்கறையும் ஊட்டுவதில்லை. தடிப்புக்களின் பல்வேறு வடிவங்களின் விஷய மும் இதுவே. சமீப காலத்தில்தான் உடலியல் கண்ணோட்டத் தில் இந்த அமைப்பு மாறுபாடுகளை விளக்க விஞ்ஞானிகள் முயற்சி செய்கின்றனர். இந்த விஷயத்தைப் பற்றிச் சற்று நேரம் சென்று நாம் அறிந்துகொள்வோம்.

உயிரணுவின் பொதுவான வெளி வடிவம், அதன் சுவர்களின் அமைப்பு ஆகிய இரு கண்ணோட்டங்களுக்குள் மட்டும் உயிரணுக் கட்டமைப்பில் உள்ள எல்லா மாறுபாடுகளும் அடங்கி விடவில்லை. உயிரணுக்கள் எல்லாம் ஒன்றாக இணைந்து சிக்கல் நிறைந்த உறுப்புக்களை உருவாக்கலாம். இவை பொதுவாக **குழாய்கள்** என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இவை உயிரணுக்களின் செங்குத்து வரிசைகளுக்கு இடையேயுள்ள குறுக்குத் தடுப்புக்களில் துளைகள் தோன்றுவதன் மூலமாகவோ அல்லது அவை முழுவதும் உறிஞ்சப்பட்டு மறைவதன் மூலமாகவோ தோன்றுகின்றன. உதாரணமாகப் புரிவடிவான தடிப்புள்ள உயிரணுக்களின் ஒரு வரிசைக்கு இடையே உள்ள குறுக்குத் தடுப்புக்கள் மறைகின்றன என்று வைத்துக்கொள்வோம் (படம் 44—I, இடது பக்கம்). இப்பொழுது புரிக்குழல் எனப்படும் தொடர்ச்சியான குழாய் உருவாகும் (படம் 44—I, வலது பக்கம்). சில சமயங்களில் குழாய்களாக மாறும் செங்குத்தான உயிரணு அடுக்குக்கள் தமக்கு இடையே உள்ள குறுக்குச் சுவரை முற்றிலும் இழந்து விடுவதில்லை. ஆனால் அவை சிறியனவும், பெரியனவுமான குழிகள் மூலமாகத் தொடர்பு கொள்ளுகின்றன. இத்தகைய குழாய்களின் ஒரு வடிவம் மிக விநோதமானது. இதில் உள்ள உயிரணுக்களின் குறுக்குச் சுவர்களில் மிக நுணுக்கமான துளைகள் உண்டாகின்றன. இச்சுவர்கள் சல்லடை போன்று காணப்படுகின்றன. இவ்வித உயிரணுக்கள் தொகுப்பு **சல்லடைக் குழாய்கள்** என அழைக்கப்படுகின்றது. இது போன்று வேறு இரு உயிரணுக்களுடன் கூடி ஒரே குழாய் ஆகியுள்ள ஒரு உயிரணு (படம் 44—IIல்) காட்டப்பட்டுள்ளது. இக்குழிகளின் வழியாகப் பொருள்கள் ஒரு உயிரணுவிலிருந்து மற்றொரு உயிரணுவிற்குச் செல்கின்றன. இத்துளைகளில் மிக நுணுக்கமான ஸ்டார்ச் துணுக்குகள் காணப்படுகின்றன. இத்துளைகளுக்குரிய உடலியல் முக்கியத்துவம் என்ன என்பதை நாம் விரைவில் தெரிந்துகொள்ளலாம். இந்தக் குழாய்கள், நீண்ட நேரான சல்லடைக் குழாய்கள் ஆகியவை தவிர நாம் வேறு பல குழாய்களையும் காண்கிறோம். இவற்றிற்குப் பல கிளைகள் இருக்கின்றன. இவை வலை போல் பின்னிக் கிடக்கின்றன, தொடர்ச்சியான கால்வாய்களை உருவாக்குகின்றன. இந்தக்

குழாய்களில் **வெண்மை** அல்லது மஞ்சள் நிறமான சாறு நிரம்பியுள்ளது. இவற்றிற்கு **மரப்பால்** குழாய்கள் என்று பெயர். மரப்பால் உள்ள தாவரங்களைப் பற்றி நமக்குத் தெரியும். உதாரணம்: டாண்டெலியன், கசகசா போன்றவை. சிறு வெட்டு ஏற்பட்டாலும் கசகசா வெண்மை நிறத் திரவத்தை வெளிப்படுத்துகிறது. பிளட்வொர்ட் என்னும் தாவரத்தைப் பற்றி நமக்குச் சிறு வயது முதற்கொண்டே தெரியும். இதன் காயமடைந்த தண்டு அல்லது இலை நரம்புகளிலிருந்து மஞ்சள் நிறத் திரவம் வடிகிறது. மற்றொரு உதாரணம் நம் நாட்டில் அறைகளுக்குள் வளர்க்கப் படும் *Ficus* என்னும் அத்தி இன மரம். இது பிற உஷ்ண மண்டலத் தாவரங்களைப் போல் நிறைய மரப் பாலைச் சுரக்கிறது. இதை உலர்த்தினால் **இந்திய ரப்பர்** என்ற பொருள் கிடைக்கிறது. இது போன்ற பல்வேறு வகை மரப்பால் தாவரங்களில் உள்ள வலை போன்று பின்னிக் கிடக்கும் குழாய்களில் காணப்படுகிறது. இக்குழாய்கள் தாவரத்தின் பட்டையிலும், இலையிலும் முக்கியமாகக் காணப்படுகின்றன.



படம் 44

தாவரத்தில் உள்ள இந்த அடிப்படை உறுப்புக்களை மூன்று வகையாகப் பிரித்துக்கொள்ளலாம். இவற்றிற்குப் பல வேலைகள் இருப்பது பிரத்தியேகமாக இல்லாவிட்டால் பெரும்பாலும் இயல்பானது. இந்த மூன்று வகைகள் பின்வருமாறு: உயிரணுக்கள், நார்கள், குழாய்கள். உயிரணுக்களில் ஊட்டச் செயல்முறைகள் நடைபெறுகின்றன. அதாவது ஊட்டப் பொருள்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன, மாற்றப்படுகின்றன; அவற்றில் பச்சையம் உள்ளது: அவற்றில் அல்புமினுய்டுகள், ஸ்டார்ச், சர்க்கரை, கனிய உப்புக்களின் படிகங்கள்

ஆகிய பிற பொருள்கள் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. உயிரணுக்கள் தாம் தாவரத்தின் ஆய்வுக்கூடங்களாகவும், சேமிப்பு நிலையங்களாகவும் செயல்படுகின்றன. நார்கள் இயந்திரத் தன்மை வாய்ந்த செயல்களுக்கும் பயன்படுகின்றன. அவற்றில் உள்ள பொருள்களுக்கு எவ்வித மதிப்பும் இல்லை. அவற்றின் வேலைக்குத் தகுந்தபடி அவற்றிற்கு நீண்ட வடிவமும், பெரும்பாலும் உயிரணு முழுவதையும் நிரப்பும் வண்ணம் உள்ள தடிப்பான சுவரும் உள்ளன (படம் 43—5). இம்மாதிரி இயந்திரப் பகுதிகளை உருவாக்கும் பொருளும், இவற்றின் அமைப்பு, இவை தண்டில் பரப்பப்பட்டுள்ள முறை போன்றவையும் இவற்றைத் தம் வேலைக்கு ஏற்ற சிறந்த தகவமைப்பு உள்ளவை ஆக்குகின்றன என்பதைச் சமீப காலத்திய ஆராய்ச்சிகள் காட்டுகின்றன. இவற்றின் வேலை கூடியவரையில் கட்டுமானப் பொருள்களைச் செட்டாகச் செலவிட்டு, தாவரங்களுக்கு உறுதியும், மீள்விசையும் கொடுப்பதாகும். இந்த நார்களை உருவாக்கும் பொருள் சில சமயங்களில் கிட்டத்தட்ட இரும்பைப் போன்று பலம் வாய்ந்ததாக உள்ளது என்றும் இந்த நார்கள் பொறி இயல் விதிகளின்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளன என்றும் ஆராய்ச்சிகள் காட்டியுள்ளன. மூன்றாவது வகையைச் சேர்ந்த குழாய்கள் சாற்றைக் கடத்துபவையாகவே பிரதானமாகப் பணி ஆற்றுகின்றன.

அமைப்பிலும், வேலையிலும் வேறுபாடுள்ள இந்தப் பொருள்கள் எப்படித் தாவரத்தில் இடம் பெற்றுள்ளன என்பது பற்றித் தற்பொழுது அறிந்துகொள்ளலாம்.

உயிரணுக்கள் **இணைப்பு** அல்லது **அடிப்படைத்** திசுவை உருவாக்குகின்றன. இவை எல்லா உறுப்புக்களுக்கும் அடித் தளமாக விளங்குகின்றன. இவை உறுப்புக்களின் பல்வேறு பகுதிகளை ஒன்றாக இணைக்கின்றன. நார்களும் குழாய்களும் பல தொகுப்புக்களாக உள்ளன. இவை **சாற்றுக் குழாய்க் கட்டுக்கள்** எனப்படுகின்றன. இவை இணைப்புத் திசுவின் வழியாகச் செல்லுகின்றன. இந்த அமைப்பை நாம் இலையில் மிக நன்றாகப் பார்க்க முடிகிறது. இலையின் மேற்புறத் தோல், கீழ்ப்புறத் தோல் ஆகியவற்றிற்கு இடையே அடிப்படைத் திசு இருக்கிறது என்பது நமக்கு முன்பே

தெரியும். இதில் சிரைகள் அல்லது நரம்புகள் இதன் ஊடாகச் செல்கின்றன. இவை சாற்றுக் குழாய்க் கட்டுக்கள். இவை நீளமாகவும் நேராகவும் உள்ளன, அல்லது ஒரு போக்காக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. அல்லது இவை சிக்கல் நிறைந்த முறையில் வலை போன்று பின்னப்பட்டுள்ளன. இலையை மேலெழுந்த வாரியாகப் பார்க்கும் பொழுது இந்த வலைப் பின்னலை முழுமையாகக் காண முடியாது. இந்த வலைப்பின்னல் எவ்வளவு மென்மையாகவும் நுணுக்கமாகவும் இருக்கிறது என்பதை அறிந்துகொள்ள இலையைத் தண்ணீரில் வைத்து அழுகச் செய்ய வேண்டும். பின்பு அதில் உள்ள மேற்புற, கீழ்புறத் தோல்கள், அடிப்படைத் திசு ஆகியவற்றை மெது வான பிரஷ் ஒன்றின் உதவியால் அகற்ற வேண்டும். இதனுல் இலையில் உள்ள நரம்பு வலை தனியாக வரும். இந்த வலையைப் போன்று செயற்கையில் பின்னப்படும் எந்த வலையும் இருக்கவே முடியாது.[1] இந்தப் பகுதிக்கு ''நரம்புகள்'' என்ற பெயர் அவ்வளவு பொருத்தமில்லைதான். ஏனென்ருல் இந்த உறுப்புக்களுக்கும், விலங்குகளின் உடலில் உள்ள நரம்புகளுக்கும் பெரும்பாலும் எவ்வித ஒற்றுமையும் இல்லை. இந்த உறுப்புக்களுக்கு உவமை கூற வேண்டுமானுல், இவற்றை இரத்த ஓட்ட மண்டலமும், எலும்பு மண்டலமும் இணைந்துள்ள இணைப்பிற்குத்தான் ஒப்பிடலாம். காரணம் யாதெனில், இவை இலைக்கு எலும்பு மண்டலம் போன்று விளங்குகின்றன. மேலும், இவை உணவுப் பொருள்களை எடுத்துச் செல்லும் குழாய்களாகப் பயன்படுகின்றன. இவற்றிற்கும் நரம்புகளுக்கும் பெரும்பாலும் எவ்வித ஒற்றுமையுமில்லை என்பதை நான் மிக ஜாக்கிரதையாகவே கூறியுள்ளேன். ஏனென்ருல், இவற்றின் வழியாகத்தான் எரிச்சல் அலைகள் பரவுகின்றன என்ற கொள்கை ஒன்று உள்ளது. இவற்றைப் பற்றி நாம் பின்னுல் அறிந்துகொள்ளலாம். இந்தக் கொள்கை உண்மையென நிரூபிக்கப்படுமானுல் நாம் விலங்குகளின் நரம்புகளுக்கும் இவற்றிற்கும் சிறிதளவு ஒற்றுமை இருக்கிறது என்பதை ஒப்புக்கொள்ள வேண்டி வரும்.

---

[1] தாவரத்தின் இதர பாகங்களையும் இது போன்று பிரித்தெடுக்கலாம். இவற்றைக் கொண்டு அரைகுறையாக ஒளி ஊடுருவும்''பூச் செண்டுகளை'' உருவாக்கலாம்.

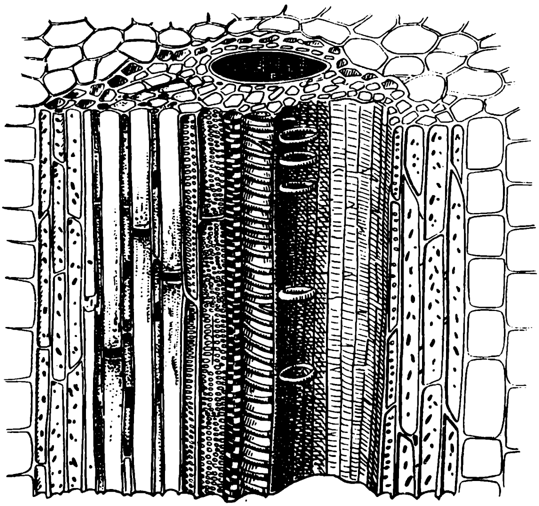
இலையில் மிகத் தெளிவாகக் காணப்படும் இதே நரம்பு கள்தாம், தண்டினுள்ளும் இருக்கின்றன. ஆனால் இங்கு இவை தெளிவாக வரையறுக்கப் படவில்லையாதலால் இலையில் போலச் சட்டென்று கண்ணில் படுவதில்லை. இந்த விஷயத்தில் வெவ்வேறு தாவரங்களில் வெவ்வேறு அமைப்புகளைக் காண லாம். தற்பொழுது நாம் இரு சாதாரண உதாரணங்களைப் பற்றித் தெரிந்துகொள்வோம். ஒற்றை **விதையிலைத்** தாவரங்க ளில்[1] படம் 46—Iல் குறுக்கு வெட்டில் காட்டியபடி அடிப்ப டைத் திசுவில் இந்தக் குழாய்க் கட்டுக்கள் பரவியுள்ளன. ஒற் றை விதையிலைத் தாவரங்களுக்கு உதாரணங்கள்: தானியங் கள், சதாவரிக் கிழங்கு, கிளையிலாத் தாவரங்கள் போன்றவை. சோளத் தாவரத்தில் உள்ள இந்தக் குழாய்க் கட்டு ஒன்றும் அதைச் சூழ்ந்துள்ள ஆதரவுத் திசுவும் நீளப்போக்குத் தோற் றத்திலும் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்திலும் மிகப் பெரி தாகப் படம் 45ல்[2] காட்டப்பட்டுள்ளன. இங்கு சாற்றுக் குழாய்க் கட்டில் புரிக் குழாய்கள், வலைப் பின்னல் குழாய் கள், வளையக் குழாய்கள் முதலியன, சல்லடைக் குழாய்கள், நார்கள் போன்றவை இருப்பதைக் காண்கிறோம். இவற்றைச் சுற்றியுள்ள திசுவில் சாதாரண உயிரணுக்கள் உள்ளன. இந்த ஒற்றை விதையிலைத் தாவரத் தண்டின் குறுக்கு வெட்டின் ஒரு பகுதியை, பியுஷின் கரைசல் போன்ற சாயமேற்றும் கரைசலில் வைத்தால், அதன் கட்டமைப்பை நாம் தெளி வாகக் காண முடியும். இப்பொழுது படம் 46—Iல் காணப் படுவது போல் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தில் இந்தக் கட்டுக்கள் அடிப்படைத் திசுவின் நிறமற்ற பின்னணியில் சிவப்பு நிறப் புள்ளிகளாகத் தெரிகின்றன.

---

[1] இவ்வகைத் தாவரங்களின் விதையில் ஒரு விதையிலை மட்டுமே இருப்பதால் இவற்றுக்கு இப்பெயர் வந்தது.

[2] ஒரே ஒரு சாற்றுக் குழாய்க் கட்டையும் அதைச் சுற்றியுள்ள அடிப்படைத் திசுவையும் காட்டும் சோளத் தண்டின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றமும், நீளப் போக்குத் தோற்றமும் எடுக்கப்பட்டன. சிறு திறப்புக்களுக்கு நடுவில் காணப்படும் பெரிய திறப்பு, மிகப் பெரிய குழாயின் திறப்பாகும். ஏராளமான சிறு குழாய்கள் நீளப் போக்கில் வெட்டப்பட்டுள்ளன.

இது போன்ற கட்டமைப்பிலிருந்து முற்றிலும் வேறு பட்டவை ஊசியிலை மரத்தண்டுகளும், இரட்டை விதையிலைத் தாவரத்தண்டுகளும்.[1] ஓக், லைம், மாப்பிள் போன்ற இவ்வகை மரங்கள்தாம் நமது காடுகளில் ஏராளமாகக் காணப்படுகின்றன. இந்த மரங்களின் அமைப்பை அறிந்து கொள்ள, சில அமைப்பியல் விவரங்களை நாம் தெரிந்து



படம் 45

கொள்ள வேண்டும். இவ்விவரங்கள் இன்றி நமது விஷயத்தை மேற்கொண்டு தொடருவதில் பயன் ஒன்றுமில்லை.

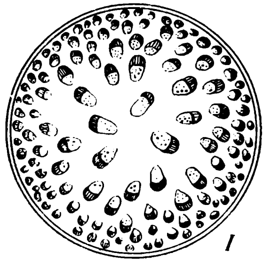
அடி மரத்தின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தில் தாவரவியல் அறிஞர்களும் மற்ற அறிஞர்களும் மூன்று பகுதிகளை வகைப்படுத்துகிறார்கள். அவையாவன: மரப் பட்டை, பல பொது மைய வளையங்கள் உள்ள மரம், உட்சோற்றுப் பகுதி (படம் 46—III). ஆனால் தாவரவியல் அறிஞர்கள் இன்னும் விரிவாக இவற்றைக் காண்கிறார்கள். அவர்கள்

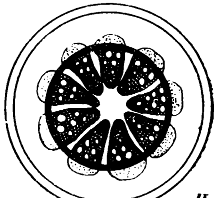
---

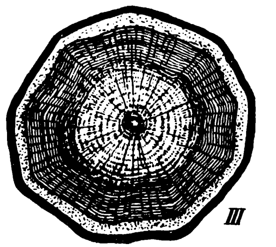
[1] இவை இரண்டு விதையிலைகள் உள்ள பூக்கும் தாவரங்கள்.

இணைப்புத்திசு, நார்கள், சாற்றுக் குழாய்க்கட்டுக்கள் போன்ற வற்றை வேறுபடுத்துகிறார்கள். ஒற்றை விதையிலைத் தாவரங் களில் இதே போன்ற வேறுபாடுகளை நாம் தெளிவாகக் கண்டோம்.

இந்த விஷயத்தை இன்னும் தெளிவாகக் கூறலாம். ஒற்றை விதையிலைத் தாவரத் தண்டில் இணைப்புத் திசுதான்அதிகமாயிருக் கிறது. அதில் சாற்றுக் குழாய்க் கட்டுக்கள் ஒழுங்கற்றுப் பரவியுள் ளன. இவற்றைச் சுற்றி இணைப்புத் திசு உள்ளது. ஆனால் இந்தச் சாற்றுக் குழாய்க் கட்டுக்கள் யா வும் ஒரே வட்டத்தில் ஒழுங்காக அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன என்று கொள்வோம். அவற்றிற்கு இடையே மிகக் குறுகலான அடுக்கு தான் இணைப்புத் திசு உள்ளது என்றும் வைத்துக்கொள்வோம். இப்பொழுது நாம் பார்ப்பது, படம் 46—IIல்[1] உள்ளது போன்ற, தண்டின் கட்டமைப்பு. நமது காட்டிலுள்ள முதல் வருட மரம் எதனுடைய இளந் தண்டும் உண் மையில் இவ்வாறுதான் இருக்கும். இதில் சாற்றுக் குழாய்க் கட்டுக் களின் நடுவில் இணைப்புத் திசு காணப்படுகிறது. இது உட்சோற் றுப் பகுதி அல்லது மெடுல்லா எனப்படும். இதி லிருந்து, சாற்றுக் குழாய்க் கட்டுத் திரள்களுக்கு ஊடே,


I


II


III

படம் 46

[1] படம் 46:I—கிளையில்லாச் செடி அல்லது சதாவரிக் கிழங்கின் தண்டு; II—ஓராண்டு வளர்ந்த இரட்டை விதை யிலைத் தாவரத் தண்டு; III—இரட்டை விதையிலை மரத்தின் தண்டு. எல்லாம் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தில் காட் டப்பட்டுள்ளன.

ஆரப் போக்கில் கதிர்கள் செல்வதை நாம் காண்கிறோம். இவை **மெடுல்லாக் கதிர்கள்** என அழைக்கப்படுகின்றன; முடிவாக இந்த வளையத்திற்கு வெளிப் பக்கத்தில் **ஆரம்பப் புறணி** என்ற பகுதி காணப்படுகிறது. இப்பகுதி பொதுவாகப் பசுமையாகவும், சாறு நிரம்பியதாகவும் இருக்கின்றது. இதில் சிறு சிறு உயிரணுக்கள் உள்ளன. இரண்டு மெடுல்லாக் கதிர்களுக்கு இடையில் அடங்கியுள்ள சாற்றுக் குழாய்க் கட்டு குறுக்குவெட்டுத் தோற்றத்தில் முக்கோண வடிவத்தில் உள்ளது. இதன் முனை நடுப் பகுதியை நோக்கி அமைந்துள்ளது.

முதிர்ந்த தண்டிலும் இந்த முக்கோண வடிவம் காணப் படுகிறது. படம் 46—IIIல் உள்ள கறுப்பான கதிர்கள் மெடுல்லாக் கதிர்களைக் குறிக்கின்றன. இவற்றிற்கு இடை யே உள்ள வெளிறிய முக்கோணங்கள் சாற்றுக் குழாய்க் கட்டுக்களைக் காட்டுகின்றன. இந்த முறையில் நிரந்தரமாக வளரும் மரத்தின் அடிப் பகுதியில் சாற்றுக் குழாய்க் கட்டுக் கள்தாம் முக்கிய இடம் பெறுகின்றன. இக்கட்டுக்களுக்கு இடையே அடிப்படைத் திசு குறுகலான மெடுல்லாக் கதிர் கள் வடிவத்தில் காணப்படுகின்றது. சில சமயங்களில் இதைக் காணவே முடியாது. எனவே இங்கு, ஒற்றை விதையிலைத் தாவரத்தில் உள்ளது போல, இணைப்புத் திசுவிற்கும் சாற்றுக் குழாய்க் கட்டுக்களுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு தெளிவு பெற அமையவில்லை. இந்த வேறுபாட்டை உருப் பெருக்கியின் உதவி கொண்டுதான் காண முடியும்.[1]

நமது காடுகளில் உள்ள மரங்களின் தண்டுகளது பிரதானப் பகுதி சாற்றுக் குழாய்க் கட்டுக்கள்தாம். எனினும் இது அவற்றிற்குரிய சிறப்புப் பண்பு அல்ல. இவைதம் ஆயுட் காலம் முழுவதிலும் சுற்றளவில் வளர்ந்து தடிப்பாகின்றன. இந்த விஷயத்தில் இவை பனைகள் போன்ற ஒற்றை விதை யிலைத் தாவரங்களிலிருந்து வேறுபடுகின்றன. ஒற்றை விதை யிலைத் தாவரங்கள் இவ்வாறு தடிப்பாக முடியாது. அதற்குக் காரணம், இவ்விதத் தாவரங்களில் கீழ்க்கண்ட உடலமைப்

---

[1] மெடுல்லாக் கதிருடன் கூடிய மரத்தின் ஒரு பகுதி படம் 63ல் காட்டப்பட்டிருப்பதைப் பார்க்க.

ரியல் ஏற்பாடு இருப்பதுதான்: காடுகளில் காணப்படும் மரங்களின் பட்டை மரப் பகுதியிலிருந்து முற்றிலும் வேறுபட்டது என்பது நமக்கு நன்கு தெரியும். வசந்த காலத்தில் மரத்தில் சாறு நிறைய இருக்கும் பொழுது இப்பட்டை எளிதாக உரிந்து விடுகிறது. தாவரவியல் அறியாதவர்களும், முன்னர் தாவரவியல் அறிஞர்களும் பட்டைக்கும் மரத்திற்கும் இடையில் இடம் இருக்கிறது என்றும், இதில் கெட்டியான திரவம் ஒன்று காணப்படுகிறது என்றும், இந்தத் திரவத்திலிருந்து தாவரத்தின் புதிய பகுதிகள் உருவாக்கப்படுகின்றன என்றும் கருதினர். ஆனால் உருப்பெருக்கி கொண்டு ஆராய்ந்த பொழுது இவ்வித இடம் எதுவுமில்லை என்று தெரிய வந்தது. இந்த இடத்தில் சாறு நிரம்பிய மிக மென்மையான திசு வளையம் ஒன்று இருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இது தொடர்ச்சியாகப் புது உயிரணுக்களை உருவாக்கும் பண்புடையது. எனவே இது ஆக்கத் திசு அல்லது கேம்பியம் என்று அழைக்கப்படுகிறது. படம் 46—IIல் கேம்பியம் கறுப்பு நிறமான வளையமாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. இவ்வளையம், சாற்றுக் குழாய்க் கட்டுக்களையும், மெடுல்லாக் கதிர்களையும் கடந்து செல்கிறது. இது தண்டை முழுதும் இரு பகுதியாகப் பிரிக்கிறது. இவ்வளையத்திற்குள்ளாக மரம் உள்ளது. இதற்கு வெளிப்புறத்தில் மரப் பட்டை இருக்கிறது. இந்தத் தொடர்ந்த வளையமான ஆக்க அடுக்கு இருப்பதினால் இரட்டை விதையிலைத் தாவரம், ஊசியிலை மரங்கள் ஆகியவற்றின் தண்டுகள் தொடர்ந்து சுற்றளவில் வளர முடிகிறது. ஒற்றை விதையிலைத் தாவரங்களில் சாற்றுக் குழாய்க் கட்டுக்கள் வட்டமாக இல்லாமல் சிதறிக் கிடப்பதால், இந்த அடுக்கு இல்லை. ஒவ்வொரு வருடத்திலும் இந்த ஆக்கத் திசு அடுக்கு பட்டையை நோக்கியும் மரத்தை நோக்கியும் ஏராளமான உயிரணுக்களை உற்பத்தி செய்கிறது. இதில் மரம் மட்டும் அளவில் விரைவாகப் பெரிதாகிறது (படம் 46—III). இதில் உயிரணு அடுக்குகள் ஒரே அளவினதாக அமைகின்றன. இதனால் மரத்தில் ஆண்டு வளர்ச்சி வளையங்கள் கிரமமான ஒன்று விட்டு ஒன்றான வரிசையில் உருவாகின்றன. இந்த வளையங்களை நாம் மரத்தின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தில் காண்கிறோம்.

ஆக்கத் திசுவின் இரு மருங்கிலும், அதாவது மரப் பகுதியிலும், பட்டைப் பகுதியிலும், காணப்படும் சாற்ரேட்டத் திசுக்களின் உடலமைப்பியல் கட்டமைப்பு என்னவென்று இப்பொழுது அறிந்துகொள்வோம். மரப் பகுதியில் மர நார்கள் எனப்படும் நார்களை நாம் ஏராளமாகப் பார்க்கலாம் (படம் 43—6). அதில் இவை தவிர, குழியுள்ள குழாய்கள், வலைப்பின்னல் குழாய்கள், புரிக் குழாய்கள் போன்ற பல தரப்பட்ட குழாய்களைக் காணலாம். ஆனால் இதில் சல்லடைக் குழாய்கள் இல்லை. பட்டைப் பகுதியில் நீண்ட தடிப்பான சுவர்கள் உள்ள (43—5) நார்களைக் காண்கிறோம். இவை நாம் முன்பு நூற்பதற்கு பயன்படுவதாகக் கூறியுள்ள நார்களைப் போன்றவை. இங்கு நாம் காணும் குழாய்கள் **சல்லடைக் குழாய்கள்** மட்டும்தான் (படம் 44—II). இந்த நார்கள் பட்டையில் பொதுவாக **மரவுரி** எனப்படும் பகுதியை அமைக்கின்றன. இது லைம் மரங்களில் மிக அதிகமாக வளர்ந்துள்ளது. இது சிம்புக்கட்டுக்கள், நார் நாண்கள் செய்யவும் பயன்படுகிறது. இப்பகுதியிலிருந்துதான் நாம் மேலே விவரித்த அமைப்புள்ள நார்கள் முழுவதும் எங்கிருந்தாலும் **மரவுரி** என்ற பெயரைப் பெறுகின்றன. எனவே முதிர்ந்த மரத்தின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம் கீழ்க்கண்ட பாகங்களைப் பெற்றிருக்கிறது. வெளிப் பக்கத்தில் **ஆரம்பப் புறணி** என்று அழைக்கப்படும் பகுதி உள்ளது. இந்த இடத்தில், மரத்தின் பிந்திய காலத்தில், அதற்குப் பாதுகாப்பாக விளங்கும் ஒரு வகைத் திசு உருவாக்கப்படுகிறது. இதைப் பின்பு காண்போம். இந்தப் பகுதிக்கு அடுத்தாற்போல் மர நார், சல்லடைக் குழாய்கள் ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ள சாற்ரேட்டத் திசு அடுக்கு உள்ளது. ஆரம்பப் புறணியிலிருந்து வேறுபடுத்த இதை **இரண்டாம் புறணி** என அழைப்போம். இதற்குப் பின்பு காணப்படுவது ஆக்கத்திசு வளையம். நடுப் பகுதிக்கு அருகில் மரம் உள்ளது. முடிவாக நடு மையத்தில் உட்சோற்றுப் பகுதி உள்ளது. இந்த உடலமைப்பியல் விவரங்கள் நமக்குப் போதுமானவை. இந்த விவரங்கள் இவ்விதமாகச் சுருக்கமாகக் கூறப்பட்டால், சற்று அலுப்புத் தருவதாக இருக்கலாம். இருப்பினும், இவை தண்டின் உடலியல் செயல்களை ஆராய்வதற்கு அவசியமானவை. இப்

பொழுது நமது கேள்விக்கு வருவோம்: தாவரங்களில் உள்ள சாறு எந்த வழிகளில் செல்லுகிறது? அதாவது இலையில் உருவாகும் பொருள்களும், வேர் உறிஞ்சும் பொருள்களும் எவ்வாறு இயல்பாகப் பரஸ்பரம் மாற்றப்படுகின்றன?

* * *

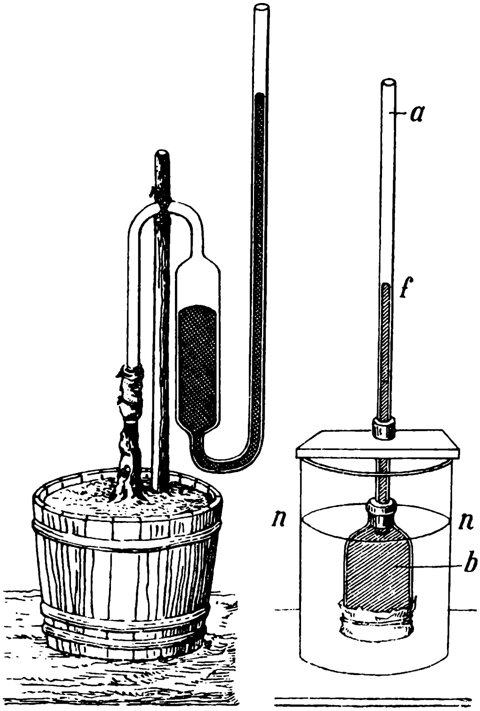
நாம் முதல் விஷயத்திலிருந்து தொடங்கலாம். ஏனெனில் இது எளிதானது. இந்த விஷயம், வேரிலிருந்து தாவரத்தின் தரைக்கு மேலுள்ள பகுதிகளுக்கு உணவுப் பொருள்கள் எப்படிச் செல்லுகின்றன என்பதைப் பற்றியது. இது **மேலேறும்** ஓட்டம் எனப்படுகிறது. இவ்வோட்டத்தின் காரணமாக தாவரத்தின் எல்லாப் பகுதிகளுக்குத் தண்ணீரும், அதில் கரைந்துள்ள உப்புக்களும் கிடைக்கின்றன. தண்ணீரின் பாதையைக் கண்டுபிடித்தல் எளிது. ஏனென்ருல் போதுமான நீர் இல்லாவிட்டால் தாவரங்கள் வாடுகின்றன. எனவே தாவரத்தின் தண்டில் பல இடங்களில் குறுக்காக வெட்டி, அவற்றில் எங்கிருந்து, எப்பொழுது இவ்வாடுதல் செயல் தொடங்குகிறது என்று நாம் கண்டுபிடிக்கலாம். இதிலிருந்து நாம் தாவரத்தில் உள்ள நீரின் மேலேறும் ஓட்டத்தைத் தடை செய்து விட்டோமா என்று அறிய முடியும். மரப் பட்டை முழுவதையும் வெட்டி விட முடியும் என்றும் இதனுல் தாவரத்தின் இலைகள் உதிர்வதில்லை என்றும் நமக்கு பரிசோதனைகள் மூலம் தெரிய வருகின்றது. இதிலிருந்து மரப் பட்டை உரிக்கப்பட்டாலும், தாவரத்தின் தரைக்கு மேலுள்ள பகுதிக்கு நீர் செல்லுகிறது என்பது தெரிகிறது. இதே போன்று உட்சோற்றுப் பகுதியையும் நாம் வெட்ட முடியும். இப்பகுதி முதிர்ந்த மரங்களில் இயல்பாக வே உலர்ந்து விடுகிறது. இதனுல் அம்மரங்களின் மையப் பகுதி குழல் போன்று இருக்கிறது. காலப் போக்கில் முதிர்ந்த மரப் பகுதியும் சிதைகிறது. இருப்பினும், இம்மரங்கள் நீண்ட காலத்துக்கு எந்த விதமன இன்னல்களுக்கும் உள்ளானதாகத் தெரிவதில்லை. மரப் பகுதியின் வழியாகத்தான் நீரின் மேலேறும் ஓட்டம் நிகழ்கிறது என்பது தெரிகிறது. மேலும் இது இளம் மரத்தின் வழியாகத்தான் நடை

பெறுகிறது. இந்த முடிவை ஏற்கனவே கூறப்பட்டுள்ள பரிசோதனையும் நிரூபித்து உள்ளது. இதில் சாற்றுக் குழாய்க் கட்டுக்கள் சாயப் பொருள்களில் தோய்க்கப்படுகின்றன. இப்பரிசோதனை வெளிர் பச்சையான அல்லது முற்றிலும் வெண்மையான இலையைப் பொறுத்த மட்டிலும் தெளிவான முடிவைத் தருகின்றது. வெகு விரைவில் வெண்மை நிறமான பின்னணியில் இலை நரம்புகள் சாயம் ஏறிக் காட்சி தருகின்றன. உருப்பெருக்கிமூலம் செய்த ஆராய்ச்சிகள், மரக் குழாய்கள்தாம் முதலில் வண்ணமடைகின்றன என்பதைக் காட்டுகின்றன. இவற்றிலிருந்து தண்டில் நீர் மேலேறும் ஓட்டத்தின் பாதை மரப் பகுதிதான் என்பது தெரிகிறது.

இது போன்று தண்ணீர் சில சமயங்களில் முன்னூறு அடி உயரத்திற்குச் செல்வதற்கு எது காரணமாக விளங்குகிறது? இதற்குரிய காரணம் தண்டிலும் வேரிலும் அடங்கியிருக்க வேண்டும். தண்டும், கிளைகளும்வெட்டப்பட்ட பின்பும் கூட அதன் வழியாக நீர் இலையை நோக்கிச் செல்லுகிறது. தரை மட்டத்திற்குத் தண்டு வெட்டப்பட்ட பின்பும் கூட, ஏன் வேரின் மேல் பகுதி வெட்டப்பட்ட பின்பும், மண்ணில் எஞ்சியுள்ள பகுதியின் வெட்டுப் பரப்பிலிருந்து நீர் கசிகிறது. முதலில், வேரின் வெட்டப்பட்ட மேல் பகுதியிலிருந்து நீர் வெளி வருவதைப் பற்றி நாம் காண்போம். ஏனென்றால் தண்டில் தண்ணீர் புகுவதற்கு இப்பகுதிதான் காரணம். காயமடைந்த அல்லது வெட்டப்பட்ட தண்டிலிருந்து நிறையச் சாறு வழிகிறது என்பது முன்பே கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ள விஷயம். இதற்குத் தாவரத்தின் ''கண்ணீர்ப் பெருக்கு'' என்ற பெயர் அளிக்கப்பட்டுள்ளது. மரப் பகுதி அதிகம் உள்ள சில தண்டுகளின் சிறப்புப் பண்பு இது என்று கருதப்பட்டது. வருடத்தின் சில பருவ காலத்தில் மட்டும்தான் நிகழ்கிறது என்று எண்ணப்பட்டு வந்தது. இவ்விதக் கண்ணீர்ப் பெருக்கு வசந்த காலத்தில் திராட்சைக் கொடியில் பொதுவாக அதிகமாக இருக்கிறது. சமீப காலத்திய ஆராய்ச்சிகள் இச்செயல் மரங்கள், புதர்கள் போன்ற எல்லா வகையான தாவரங்களுக்கும் பொதுப் பண்பு என்பதைக் காட்டியுள்ளன. இது தீவிரமாகவோ அல்லது மெதுவாகவோ வருட முழுவதும் நிகழ்கிறது என்றும் அறியக் கிடக்கிறது. இந்தக்

..ண்ணீர்ப் பெருக்கைக் காணவும், அதன் வேகத்தை அளக்க
..ும், கீழ்க்காணும் முறை கையாளப் பெறுகிறது: தண்டு
ஒன்று தரையருகே வெட்டப்படுகிறது. வெட்டப்பட்ட தண்டு
..டன் வளைந்த கண்ணாடிக் குழாய் ஒன்று ரப்பர்க் குழாயினால்
இணைக்கப்படுகிறது. இது வெளிவரும் திரவத்தைச்
சேகரித்து அளப்பதற்காக அமைக்கப்படும் உபகரணம். ஆனால்
சாற்றின் அழுத்தத்தை அளக்க வேண்டுமானால் நாம் படம்
47ல் இடது பக்கத்தில் காட்டிய வடிவமுள்ள மற்றொரு
குழாயைப் பயன்படுத்துகிறோம். இங்கு உள்ள இரண்டு
வளைவுள்ள குழாய் ஒரு சாதாரண மானோமீட்டர் ஆகும்.
இதில் பாதியளவு தண்ணீரும், பாதியளவு பாதரசமும்
உள்ளன. இக்கருவி தாவரத்தின் சாறு செலுத்தப்படும்
அழுத்தத்தை அளக்கப் பயன்படுகிறது. சாறு குழாயினுள்
செல்லுகையில் பாதரசத்தைத் தள்ளிக்கொண்டு செல்லுகி
றது. குழாயின் திறந்த பகுதியில் பாதரச மட்டம் உயரு
வதைக்கொண்டு நாம் சாற்றின் அழுத்தத்தைக் கணக்கிடு
கிறோம். பரிசோதனை மூலம் இந்த அழுத்தம் முப்பத்தாறு
அடி உயரமுள்ள தண்ணீர்த் தம்ப அழுத்தத்திற்குச்
சமமாக உள்ளது என்பது தெரிகிறது. அதாவது இப்பகுதியி
லிருந்து சாறு மிக விரைவாக வெளிவருகிறது. வெட்டப்
பட்ட பகுதியின் மீது முப்பத்தாறு அடி உயரமுள்ள தண்ணீர்த்
தம்ப அழுத்தம் செருகப்பட்டாலும் சாறு வரும் என்பது
தெரிகிறது. வேர் இவ்வளவு உயரத்திற்குத் தண்ணீரைச்
செலுத்துவதற்குக் காரணம் என்ன? பின்வரும் பரிசோதனை
யிலிருந்து இக்கேள்விக்குரிய விடையைக் கண்டுகொள்ள
லாம். ஒரு சிறு மணி ஜாடியை எடுத்துக்கொள்வோம் (படம்
47 வலது பக்கம், *b*). இதன் அகன்ற வாயைச் சவ்வு ஒன்றால்
மூடுவோம். அதன் கழுத்துப் பக்கத்தை ஒற்றைத் துளை
யுள்ள கார்க்கினால் மூடி அதன் வழியாகக் கண்ணாடிக் குழாய்
ஒன்றையும் (*a*) செருகுவோம். இந்த அமைப்பைத் தண்ணீர்ப்
பாத்திரத்தில் படத்தில் காட்டியபடி வைப்போம். மணி
ஜாடியில் தண்ணீர் இருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம்.
அவ்வாறாயின் வெளிப் பாத்திரத்தில் உள்ள நீர் மட்டமும்
மணி ஜாடியில் உள்ள நீர் மட்டமும் *n* என்ற மட்டத்திற்கு
நேராகச் சமமாக இருந்தால், தண்ணீர் ஒரு பாத்திரத்தி

லிருந்து மற்ருென்றிற்குச் செல்லாது. இல்லாவிட்டால் மட்டம் உயரமாக உள்ள பாத்திரத்திலிருந்து மட்டம் குறைவாக உள்ள பாத்திரத்திற்கு அதன் அழுத்தம் காரணமாகவே நீர் சவ்வின் வழியாகச் செல்லும். ஆனல் மணி ஜாடியில் தண்ணீருக்குப் பதிலாக கரைசல் ஒன்று ஊற்றப்பட்டுள்ளது



படம் 47

என்று வைத்துக்கொள்வோம். இக்கரைசல் உதாரணமாக சர்க்கரை போன்று தாவரங்களின் உயிரணுக்களில் காணப்படும் பொருளின் கரைசலாக இருக்கட்டும். இப்பொருள் பீட்ரூட் வேர்களில் மிக அதிகமாகக் காணப்படுகிறது என்பது நமக்குத் தெரியும். இப்பொழுது முதலில் சற்றுக் குழப்ப

மூட்டும் செயல் ஒன்று நிகழுகிறது. இது சவ்வின்மூலம் ஒன்ருேடொன்றுதொடர்புள்ள இரு பாத்திரங்களில் இருக்கும் நீர் சமநிலேயடைய முயலும் எனச் சற்று முன்பு கூறப் பட்டதிற்கு முரணுகக் கூட இருக்கிறது. சர்க்கரைக் கரைசல் நன்கு தெரிவதற்காக நிறமேற்றப்பட்டுள்ளது. இது கண்ணுடிக் குழாயில் விரைவாக உயர்ந்து குறிப்பிட்ட உயரத் தை அடைகிறது (*f*). இந்நிகழ்ச்சியைக் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கலாம். வியாபக விதிப்படி தண்ணீரும் சர்க்கரைக் கரைசலும் ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்க முயற்சி செய்கின்றன. இதில் ஒன்று மணி ஜாடியை நோக்கிச் செல்லுகிறது, மற்ருென்று மணி ஜாடியிலிருந்து வெளியே வருகிறது. ஆனுல் தண்ணீரின் இம்மிகள் சர்க்கரையின் இம்மிகளே விட விரை வாகச் செல்லுகின்றன. ஆகையினுல் சர்க்கரைக் கரைசலி னுள் தண்ணீர் விரைவாகச் செல்லும், சர்க்கரை தண்ணீரை நோக்கி விரைவாக வராது. மேலும் தோலின் வழியாக தண் ணீர் வேகமாகச் செல்லுகிறது. இந்த இரு காரணிகளின் ஒருமித்த செயல் காரணமாக, மணி ஜாடியினுள் தண்ணீரின் ஓட்டம் சர்க்கரையின் எதிரான இயக்கத்தை விட அதிகமாக இருக்கும். இதனுல்தான் குழாயில் உள்ள திரவ மட்டம் உயருகிறது. இவ்விஷயம் முதலில் குழப்பமாக இருந்தது. ஏனென்ருல் இது நீரியக்க இயலின் விதிகளுக்கு முரணுக இருந்தது. இதே போன்று சர்க்கரைக்குப் பதிலாக, தாவர உயிரணுக்களில் காணப்படும் அல்புமின், பிசின் போன்ற பொருளே எடுத்துக்கொண்டாலும் இதே முடிவுதான், இவ்வளவுதெளிவாயில்லாவிடினும்,நமக்குக்கிடைத்திருக்கும். எனவே இங்கும் இந்த நிகழ்ச்சி வியாபகம் என்னும் தத்துவம் தான். இங்கு இவ்விஷயத்தைச் சிக்கலாக்குவது சவ்வு ஆகும். இந்த நிகழ்ச்சியை **சவ்வூடு பரவுதல்** என்று அழைக் கிறார்கள். மற்ற எல்லா நிலேமைகளும் சமமாக இருந்தால், இங்கு, வியாபகத்தின் வேகம், இரு திரவங்களுடன் தொடர் புள்ள பரப்பைப் பொறுத்துள்ளது. நமது பரிசோதனையில் சவ்வால் மூடப்பட்டுள்ள மணி ஜாடியின் வாயின் அளவு பரப்பு ஆகும். நமது உபகரணம் வேரில் உள்ள உயிரணு க்களை, வேர் முடியை ஒத்திருக்கிறது என வைத்துக்கொள் வோம். இப்பொழுது, மண்ணிலுள்ள தண்ணீருக்கும் வேர்

முடிகளுக்கும் தொடர்புள்ள பரப்பு எவ்வளவு அகலமானது என்று நினைவு கூர்ந்து பாருங்கள். இப்பொழுது இந்த உபகரணம் எவ்வளவு சிறிதாக இருப்பினும், அதன் பரப்பளவைப் பத்து லட்சம் மடங்குகள் பெரிதாக்கினால் விளைவு என்ன என்பதைச் சற்று சிந்தித்துப் பாருங்கள். ஒவ்வொரு உயிரணுவும் நீரை ஆவலோடு உட்கொள்கிறது. அதை அனுமானமாக அதிக மெல்லிய உட்சுவரின் வழியாக, தாவரத்தில் உள்ள குழாய்களுக்கு அழுத்தி அனுப்புகிறது. இவை வேரிலிருந்து தண்டிற்குத் தண்ணீரைக் கொண்டு செல்லுகின்றன.

வேரின் **நீர் ஏற்றும் திறன்** அல்லது **வேர் அழுத்தம்** பற்றி இந்த விதமாகத்தான் விளக்க முடியும். ஆனால் மிக உயர்ந்த மரங்களின் உச்சி வரைக்கும் நீர் கொண்டு செல்லப்படுவதை விளக்க இவ்வழுத்தம் மட்டும் போதுமானதல்ல. வெட்டப்பட்ட தண்டைத் தண்ணீரினுள் தாழ்த்தி வைத்தால், அதுவே தண்ணீரை உறிஞ்சும் தன்மையுள்ளது என்பது நமக்குத் தெரியும். தண்டிற்குரிய இத்தன்மையை நாம் அறிந்துகொள்ள, இச்செயல்முறையில் இலைகளின் பங்கைப் பற்றி நாம் முதலில் தெரிந்துகொள்ள வேண்டும். இதை அறிந்துகொள்ள மிகச் சிறந்த வழி கீழ்க்கண்ட பரிசோதனையைச் செய்வதாகும். உதாரணமாக பிர்ச் மரத்தின் சிறு கிளையொன்றை நாம் இலையுடன் வெட்டி, வெட்டப்பட்ட முனையை தண்ணீரில் முக்க வேண்டும். பின்பு இதைத் தண்ணீரை விட்டு வெளியே எடுத்தால், வெட்டப்பட்ட முனையில் ஒரு சொட்டுத் தண்ணீர் இருப்பதைக் காண்கிறோம். இது அரை நிமிடங்களுக்குள்ளாக உறிஞ்சப்பட்டு விடுகிறது. இந்தக் கிளையை மறுபடியும் தண்ணீரில் முக்குகிறோம். இப்பொழுதும் நீர்த் துளி விரைவாக உறிஞ்சப்படுகிறது. இது மரக்கிளை அதற்குக் கொடுக்கப்பட்ட நீரை எவ்வளவு ஆவலோடு உறிஞ்சுகிறது என்பதைக் காட்டுகிறது.

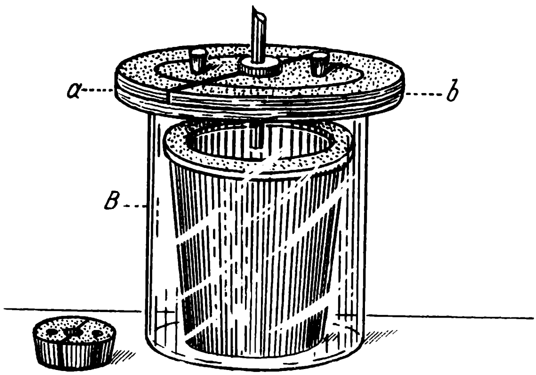
வேர் தண்டிற்குத் தண்ணீரை அனுப்புகிறது. தண்டு அதை ஆவலுடன் உறிஞ்சி மேலே செலுத்துகிறது. இப்படியே தாவரத்தின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் நீர் நிறைந்துவிடும் பொழுது அதற்கு என்ன நேரும்? இது ஒரு கோடியில் தொடர்ந்து நுழைந்தால், மற்றொரு கோடி மூலம் வெளியேற வேண்டும். சில தனிப்பட்ட சூழ்நிலைகளின் கீழ் வெளியேறுவதைத்

தெளிவாக உற்று நோக்கலாம். மே அல்லது ஜூன் மாதத்தில் காற்றில் ஈரிப்பு அதிகமாக இருக்கும் ஒரு வெப்பமான மாலையில் சூரியன் மறைந்த பின்பு, தரையில் சாய்ந்துகொண்டு ஓட்ஸ் வயல்களின் மேற்பரப்பைப் பார்த்தால், நேராகத் துருத்திய ஓட்ஸ் இலைகளின் நுனிகளில் உருண்டையான நீர்த் துளிகளைக் காணலாம். ஒரே ஒரு இலையைச் சிறிது நேரம் நாம் உற்று நோக்கினுல், இந்நீர்த் துளி வர வரப் பெரிதாகி உருண்டு விழுவதைக் காணலாம். இது இருந்த இடத்தில் இலையின் முனையில் மற்ருெரு துளி தோன்றும். இது தொடர்ந்து நிகழுகிறது. ஓட்ஸ்களை மணி ஜாடியால் மூடப்பட்ட தட்டில் நட்டாலும் இதே நிகழ்ச்சியை நாம் காண முடியும். இலைகளின் நுனியில் சிறு சிறு நீர்த் துளிகள் தோன்றும். மணி ஜாடியை எடுத்தவுடன் இவை மறைந்துவிடும். இந்நிகழ்ச்சி சில தாவரங்களில் இன்னும் தெளிவாகக் காணப்படுகிறது. இவை அதிகமான அளவு தண்ணீரை வெளி விடுகின்றன. நீர் வெளியேறும் இடத்தில் தனிப்பட்ட துளைகள் இருப்பதை இலைகளின் அமைப்பியல் பரிசோதனை காட்டுகிறது. ஆனுல் நீர் இது போன்ற துளிகளாக வெளிவருவது மிகவும் அபூர்வமானது. இது பொதுவாக மேலே கூறப்பட்டுள்ள நிலைமைகளில்தான் நிகழுகிறது. அதாவது சுற்றுப்புறக் காற்றில் நீராவி பூரிதமாக நிறைந்துள்ள பொழுதுதான் இது நிகழும். ஆனுல் பொதுவாகக் கண்ணுக்குப் பலப்படாத நீராவி வடிவத்தில் தாவரங்கள் ஏராளமான அளவு நீரை வெளியேற்றுகின்றன.

பின்வரும் கணக்கீடுகளிலிருந்து தாவரங்கள் ஆவியாக்கும் தண்ணீரின் அளவைத் தெரிந்துகொள்ளலாம். ஒரு ஏக்கர் பரப்பளவில் உள்ள ஓட்ஸ் பயிர் கோடைகாலத்தில் 150லிருந்து 250 டன்கள் வரை தண்ணீரை வெளியேற்றுகிறது. ஒரு ஏக்கர் பரப்பளவில் உள்ள கலப்புப் புற்கள் ஏறக்குறைய 750 டன்கள் தண்ணீரை ஆவியாக்குகின்றன.

இவ்வாறு ஆவியாகும் நீரை நாம் பல வழிகளில் கணக்கிடலாம். இங்கு மிகவும் சுலபமான, ஆனுல் சரியான பரிசோதனை ஒன்று உள்ளது. தாவரம் வளரும் தொட்டி கண்ணுடி அல்லது தகரப் பாத்திரத்தில் வைக்கப்பட்டு, கண்ணுடி அல்லது தகர மூடியால் மூடப்படுகிறது. மூடியில்

தண்டு நுழைய மட்டும் துவாரம் ஒன்றுள்ளது (படம் 48). இந்த முறையில் மண்ணிலிருந்தும் தொட்டியிலிருந்தும் தண்ணீர் ஆவியாவது தடுக்கப்பட்டுள்ளது. இப்பொழுது இந்த உபகரணத்தின் எடையை அவ்வப்பொழுது கண்டுபிடிக்க வேண்டும். இதில் ஏற்படும் எடைக் குறைவு தாவரத்தின் நீராவிப் போக்கினுல்தான் என்பது நமக்குத் தெரியும். சம அளவுள்ள மணி ஜாடி இரண்டை எடுத்துக்கொள்ளுவோம். நீராவிப் போக்கை ஆராய்வதற்குப் பயன்படுத்தும் இலையை



படம் 48

விடச் சற்று சிறிதாக இவை இருக்கட்டும். இவற்றிற்கு இடையே இலையை இறுக்கமாக வைக்கலாம் (இலை சிதைந்து விடாதபடி கவனித்துக்கொள்ள வேண்டும். ஆனுல் அதே சமயத்தில், மணி ஜாடியில் கிரீஸ் தடவப்பட்டுள்ள பகுதிகள் இலையுடன் நெருக்கமாக இணைந்து இருக்க வேண்டும்). ஒவ்வொரு மணி ஜாடியினுள்ளும் நீராவியை ஆவலுடன் உறிஞ்சும் கந்தகஅமிலம்போன்ற பொருளை வைக்க வேண்டும். இலையிலிருந்து ஆவியாக வெளிப்படும் நீரை இது உட்கொள்ளும். கந்தக அமில சீசாக்களின் எடையைக் கண்டுபிடிப்பதன் மூலம் இவ்வமிலம் உறிஞ்சியுள்ள நீரின் அளவை நாம் கண்டுபிடிக்கலாம். இம்முறையில் பல வியப்பூட்டும் பிரச்சினைகளுக்கு நாம் முடிவு கண்டுபிடிக்கலாம். உதாரணமாக

இலையில் இலைத் துளைகள்[1] காணப்படும் கீழ்ப் பரப்பிலிருந்து தான் அதிகமாக நீராவி வெளிவருகிறது என்பது தெரிகிறது. இந்த இலைத் துளைகள் நீராவிப் போக்கைக் கட்டுப்படுத்தும் உறுப்புக்கள் என விளங்குகிறது. தாவரத்தில் தண்ணீர் அதிகமாக இருக்கும் பொழுது, இலைத் துளையின் திறப்பு பெரிதாக உள்ளது (படம் 49—b). இதனுல் நீராவிப் போக்கு அதிகமாகிறது. ஆனுல் குறைந்த அளவு நீர், அல்லது அதிக அளவு நீராவிப் போக்கு ஆகியவற்றின் காரணமாகத் தாவரம் வாடும் பொழுது, இலைத் துளைகள் திறப்பை அடைக்கின்றன (படம் 49—a). இதனுல் நீராவிப் போக்கு குறைகிறது; தாவரம் பிழைத்துக்கொள்கிறது. இது போன்ற பரிசோதனைகளிலிருந்து பளபளப்பான பரப்பைப் பெற்றுள்ள இலைகளில், புற்களின் இலைபோன்றவற்றை விடக் குறைந்த அளவே நீராவிப் போக்கு நடைபெறுகிறது என்று அறிகிறேம். இதனுல் தான், பளப்பான பரப்புள்ள இலைகளைப் பெற்றிருக்கும் தாவரங்கள் வறட்சியான வானிலையைக்கூட அதிக எளிதாகத் தாங்கிக் கொள்கின்றன. முடிவாக, இப்பரிசோதனையிலிருந்து ஒரே தாவரத்தின் முதிர்ந்த இலைகளை விட இளம் இலைகள் அதிகமான அளவு நீராவியை வெளிவிடுகின்றன என்று தெரிகிறது. இதிலிருந்து ஊட்டப் பொருள்கள் ஏன் இளம் வளரும் உறுப்புக்களுக்கு அதிகமாகச் செல்லுகின்றன என்பதை நாம் அறிந்துகொள்ளலாம்.

இலைகளில் எவ்வளவு நிறையத் தண்ணீர் ஆவியாக்கப்படுகிறது என்பதைக் கற்றுக்கொண்ட பின்பு, தண்டில் நீரின் இவ்வித இயக்கத்திற்கு உரிய உண்மையான இயந்திர அமைப்பை மறுபடி ஆராய்வோம்.

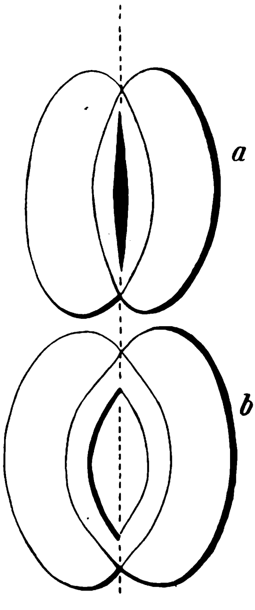
சமீப காலத்தில் இப்பிரச்சினை அதிகமாக கவனத்தைக் கவர்ந்துள்ளது. ஆனுல் இதற்கு முடிவு இன்னும் திருப்திகரமான முறையில் அளிக்கப்படவில்லை. இந்நிகழ்ச்சிக்குப் பல விளக்கங்கள் உள்ளன என்பது உண்மை. ஆனுல் ஏராளமான விளக்கங்கள் இருப்பதினுல் அவற்றில் ஒன்று கூட முற்றிலும் பொருத்தமாக இல்லை என்பது தெரிகிறது. பரிசோதனையின் மூலம் சரி பார்க்கக் கூடிய விவரங்களைப் பற்றி மட்டும் நாம் தெரிந்துகொள்வோம். முதன் முதலில் தண்ணீர் ஓட்டம்

[1] விரிவுரை V ஐப் பார்க்கவும்.

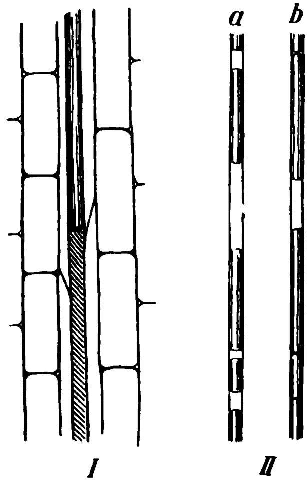
தண்டில் எந்தப் பாதையில் செல்லுகிறது என்பதை அறிந்து கொள்ள வேண்டும். அது தண்டில் உள்ள உட்குழிகளின் மூலமாகச் செல்லுகிறதா அல்லது குழாய்களின் சுவர்களுள்ளே செல்லுகிறதா? உட்குழிகள் தொடர்ச்சியான கால்வாயாக உருவாகியிருப்பதால் அவையே மிக எளிய பாதையாக இருக்க முடியும் எனத் தோன்றுகிறபடியால் சாறு குழாய்களின் உட்குழிகள் வழியாகவே செல்லுகிறது என்ற மிக இயல்பான முதல் அனுமானத்துக்கு எதிராக குழாய்களில் பொதுவாகத் திரவம் இருப்பதில்லை, திரவப் பகுதிக்கு இடையிடையே காற்றுக் குமிழிகளும் உள்ளன என்ற கருத்து கூறப்படுகிறது. குழாய்களில் தண்ணீர் தான் செல்லுகிறது என்ற கொள்கைக்கு, காற்றுக் குமிழிகள் இருப்பது மறுப்பாகக் கூறப்பட்டது. ஆனால் இக்காற்றுக் குமிழிகள்தான் சாறு தண்டில் ஏறும் நிகழ்ச்சிக்கு விளக்கமாக அமைகின்றன. இந்தக் காற்று அடர்வு குறைந்த நிலையில் உள்ளது. இதனால் ஒவ்வொரு குழாயும் ஒரு பம்பு போல் வேலை செய்கிறது. இந்த உண்மையை நாம் கீழ்க்கண்ட பரிசோதனையைக் கொண்டு விளக்க முடியும். தாவரத்தின் தண்டு பாதரசம் நிரம்பியுள்ள பாத்திரத்தினுள் வளைத்து வைக்கப்படுகிறது. பின்பு இது **பாதரசத்தின் உள்ளே** வைத்துக் குறுக்காக வெட்டப்படுகிறது. இந்தத் தண்டின் நீளப் போக்குத் தோற்றத்தை நாம் எடுத்தால் அதில் உள்ள குழாய்களின் உட்குழிகளுக்குள் பாதரசம் மெல்லிய இழை வடிவத்தில் புகுந்திருப்பதைக் காணலாம். உருப்பெருக்கியில் வைத்துப் பார்ப்பதற்குத் தயாரிக்கப்படும் தண்டின் பகுதியை வழக்கமாகச் செய்வது போல் கீழிருந்து அல்லாமல் மேலிருந்து ஒளியைச் செலுத்திப் பார்த்தால் மிக நன்றாக இந்நிகழ்ச்சியை நாம் காணலாம். இப்பொழுது உஷ்ணமானியின் தந்துகிக் குழாயில் காண்பது போன்று, பாதரசத்தை நாம் காண்கிறோம் (படம் 50—I).[1] பாதரசம் தண்ணீர்

[1] விரிவுரை நிகழும் பொழுது கேட்பவர்கள் பார்ப்பதற்காகச் சமீப காலத்தில் விரிவாகப் பயன்படுத்தப்படும் பிடிவைத்த உருப்பெருக்கிகள் இருந்தால் மிக நல்லது. இவற்றில் உலோகத்தால் ஆக்கப்பட்ட குழிவான ஆடிகள் உள்ளன. இந்த ஆடிகள் பொருளின் மேற்பரப்பில் ஒளியைக் குவியச் செய்கின்றன.

செல்வது போல் தானாகத் தந்துகிக் குழாய்களினுள் செல்லாது என்பதை நினைவுபடுத்திக் கொள்வோம். ஆனால் அதை அழுத்தத்தின் மூலம் குழாய்களினுள் செலுத்த முடியும். குழாய் குறுகலாக இருக்க இருக்க, அழுத்தமும் அதிகரிக்கிறது. பௌதிகத்தில் பொதுவாகப் பரிசோதனைகள் செய்யப் பயன்படும் தந்துகிக் குழாய்களை விட தாவரத்தின்



படம் 49



படம் 50

குழாய்களின் விட்டம் மிகக் குறைவு. இதிலிருந்து இவ்விதக் குழாய்களில் உள்ள காற்றின் அடர்வின் குறைவை நாம் அளக்க முடியும். இந்தக் குறைவுதான் பாதரசம் உள்ளே நுழைவதற்குக் காரணம். இப்பொழுது இரண்டு கேள்விகள் எழுகின்றன: குழாய்களின் உள்ளே உள்ள அடர்வு குறைந்த வாயுக்களுக்கும், வாயு மண்டலக் காற்றிற்கும் ஏன் சம நிலை ஏற்படுவதில்லை? இந்த அழுத்தக் குறைவிற்குக் காரணம்

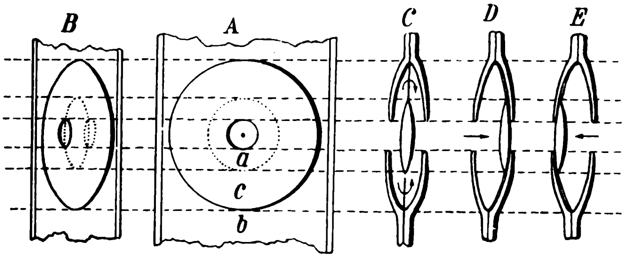
என்ன? முதல் கேள்விக்குச் சுலபமாக விடையளித்து விடலாம். உள்ளே உள்ள காற்றை பொதுவான வாயுமண்டல அழுத்தமுள்ள காற்று நிறைந்த தாவரத்தின் வெளிப்பகுதி களிலிருந்து வாயுக்கள் புக முடியாத ஒரு சிறு அடுக்கு பிரிக் கிறது. இவ்வடுக்கு வெளி வாயு மண்டலத்திலிருந்து அதை முற்றிலும் தனிமைப்படுத்துகிறது. ஆனால் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம் எடுக்கும் பொழுது உட்பகுதி வாயு மண்டலத் துடன் தொடர்பு பெறுமானால் உட்காற்றின் அழுத்தமும் வெளிக் காற்றின் அழுத்தமும் சமமாகிறது. இதனால்தான் பாதரசத்தின் உள்ளே தண்டை நாம் வெட்ட வேண்டி வந்தது. வெட்டப்பட்ட தண்டை எவ்வளவு விரைவாகப் பாதரசத் தினுள் முக்கினாலும், நமக்கு எந்த விதமான பலனும் கிடைக் காது. ஆனால் வெட்டப்பட்ட தண்டின் முனையைச் சற்று நேரம் பாதரசத்தில் மூழ்க வைத்திருந்தால் அது குழாய் களினுள் நுழைவதைக் காணலாம். இப்பரிசோதனை நமது இரண்டாவது கேள்விக்கு விடை தரும்: அழுத்தக் குறைவான காற்று எவ்வாறு தோன்றுகிறது? இதற்குரிய விளக்கம் பின்வருமாறு. இலைகள் நீரை ஆவியாக்குகின்றன, எனவே அவற்றின் உயிரணுக்களில் அடர்த்தி அதிகமான கரைசல் கள் உருவாகின்றன. இந்தக் கரைசல்கள், நாம் முன்பு கண்டபடி (படம் 47, வலது பக்கம்), பக்கத்து உயிரணுக் களிலிருந்து மென்மேலும் தண்ணீரை உறிஞ்சுகின்றன. இந்த முறையில் குழாய்களில் உள்ள நீர் உயிரணுவிற்கு உயிரணு உறிஞ்சப்படுகிறது. ஆனால் குழாய்களிலிருந்து தண்ணீர் உறிஞ்சப்பட்டவுடன், அவற்றிற்கு இடையே உள்ள காற்றுக் குமிழிகளின் கன அளவு அதிகமாகிறது. இதனால் அவற்றின் அடர்த்தி குறைகிறது. இந்த அடர்த்தி குறைவு காரணமாக, வேரில் உள்ள உயிரணுக்களிலிருந்து குழாய்களால் மேலும் தண்ணீர் உறிஞ்சப்படுகிறது. இந்த முடிவின் உண்மையைப் பரிசோதனை மூலமாகச் சரிபார்க்கலாம். இலைகளுடன் கூடிய தண்டின் முனை ஒன்றை உருப்பெருக்கியின் கீழ் உள்ள ஒரு சொட்டுத் தண்ணீரினுள் தெரியும்படியாக, ஒளி ஊடுருவும் படியாக இருக்குமாறு வெட்டினால் பின்வரும் உண்மைகளை நாம் அறிய முடியும். தண்ணீரில் சில தூள்களைத் தூவினால், அவை தண்டின் குழாய்களின் துவாரங்களை நோக்கிச்

செல்வதையும் அவற்றின் வழியாகப் பெருகுவதையும் காணலாம். இப்பொழுது குழாயினுள் உள்ள காற்றுக் குமிழிகளின் கன அளவு இலைகளில் நீராவிப் போக்கு குறைவதனல் குறைகிறது. அல்லது இவற்றின் கன அளவு கூடும், அதாவது அதில் உள்ள காற்றின் அடர்த்தி இலைகளின் நீராவிப் போக்கு அதிகரிப்பதினல் குறையும் (படம் 50—II:*a*, *b*).[1]

எனவே தண்ணீர் கொண்டு செல்வதில் குழாய்களின் பங்கு பற்றிப் பல சந்தேகங்கள் இருப்பினும், தாவரத்தில் தண்ணீர் செல்லும் பாதை குழாய்கள்தாம் என்பதில் எவ்வித ஐயமும் இல்லை. குழாய்களின் இந்தப் பங்கை விளக்கிய பின்பு, நீண்ட காலமாக அமைப்பியல் அறிஞர்களுக்குப் புதிராக இருந்த மற்றொரு விஷயம் பற்றிய ஐயமும் தீர்க்கப் பட்டது. இது குழாய்களிலும் கூர்முனை நார்களிலும் காணப் படும் **கரைக் குழிகளைப்** பற்றியது. இவற்றை நமது பிர் மரங்களில் எளிதாகக் காணலாம். அனேகமாக எந்தத் தீக்குச்சியின் மிக மெல்லிய வெட்டுத் தோற்றத்திலும் இவற்றைப் பார்க்க முடியும். தண்டின் ஒரு பக்கத்தில், அதன் அச்சு, விட்டம் ஆகியவற்றின் மட்டத்தில் வெட்டினல் (ஆர வெட்டு) அதன் காற்றுக் குழாய்க் கட்டுக்களின் சுவர்களில் இரட்டை வெளிக் கோடுகள் உள்ள எண்ணற்ற வளையங்களைக் காணலாம் (படம் 51—A:*a*, *b*). இதைச் சற்று ஊன்றிக் கவனித்தால், *a*, *b* ஆகியவற்றிற்கு இடையே மூன்முவது அவ்வளவு நன்ருகப் புலப்படாத வளையம் ஒன்றைக் காணலாம் (*c*). நீளப் போக்குத் தோற்றம் விட்டப் போக்கில் இல்லாமல், வேறு எந்தத் தளத்தில் அமைந்திருந்தாலும் உருவம் மாறுபடும். குழாயின் மேற்பரப்புத் தோற்றம் நமக்குத் தெரியாது. அதை நாம் 45° (B) கோணத்தில் காண்போம். இதிலிருந்து அதில் இரண்டு உள் (சிறிய) வளையங்கள் உள்ளன என்று கண்டு அறிகிறேம். குழியின் அமைப்பைப் நன்கு அறிந்துகொள்ள

[1] படம் 50—II *a*, *b* யில் இலைகளில் மிகத் தீவிரமாக நீராவியாகும் பொழுது ஒரே குழாயில் நிகழும் இரு படங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவற்றை ஒப்பிடும் பொழுது *b* யில் நீர்த் துளிகள் குறைந்துவிட்டன என்றும், அதில் காற்றுக் குமிழிகள் அதே அளவிற்கு அதிகமாகி யுள்ளன என்றும் கண்டுகொள்கிறேம்.

வெட்டுத் தோற்றம் A க்குச் செங்குத்தாக நாம் மற்ெருரு வெட்டுத் தோற்றம் எடுக்க வேண்டும். இது குழியின் பக்கத் தோற்றத்தைத் தெளிவாகக் காட்டும் (C, D, E). இது எல்லாவற்றையும் நமக்கு விளக்கிவிடும். பக்கத்தில் உள்ள இரண்டு உயிரணுக்களின் பொதுச் சுவர்கள் லென்ஸ் போன்ற பகுதி ஒன்றை ஏற்படுத்துகின்றன. இப்பகுதி குழியின்



படம் 51

வெளி வளையத்துக்குச் சமமாக (b) உள்ளது.[1] இப்பகுதி இரண்டு கடிகாரக் கண்ணுடிகளைக் கொண்டு செய்யப்பட்டது போன்று காணப்படுகிறது. இதன் நடுவில் சிறு துவாரங்கள் உள்ளன (Aயில் a). இந்த துவாரங்கள் ஒன்றின் கீழ் ஒன்ருக உள்ளன. இதனுல் இவற்றின் வெளிக் கோடுகள், ஒரே ஒரு உள் வளையமாக மாறுகின்றன (a). B யில் நாம் சாய்வாகப் பார்ப்பதால், இரு வளையங்களும் தெரிகின்றன. லென்ஸ் வடிவான உட்குழியை, அதன் குறுக்காகச் செல்லும் ஒரு மெல்லிய சவ்வு, இரு பாதிகளாகப் பிரிக்கிறது. இந்தச் சவ்வின் நடுப் பகுதி தட்டுப் போன்று தடிப்பாக உள்ளது(C). இந்தத் தட்டின் முனைகள், ஒளி புகும் தன்மையுள்ள உயிரணுச் சுவரின் வழியாகத் தெரியும். இவை நடு வளையம் போன்று இருக்கின்றன (A,Bயில் c). இக்குழிகளின் அமைப்பை இப்பொழுது நாம் அறிந்துகொண்டோம். இவற்றில் உறிஞ்சு பம்பில் இருப்பது போல் காற்றும் நீரும் இறுக்கப்

---

[1] எல்லாப் படங்களிலும் உள்ள சம்பந்தப்பட்ட பாகங்களைப் புள்ளிக் கோடுகள் காட்டுகின்றன.

பட்ட நிலையில் உள்ளன என்பது நமக்குத் தெரியும். இவற்றிலிருந்து, இக்குழிகளின் முக்கியத்துவம் நமக்குப் புரிகிறது. இவை வால்வுகள், மிகச் செவ்வையான வால்வுகள். குழாய்களில் உறிஞ்சும் அழுத்தம் அதிகமாக இல்லாமல் இருக்கும் பொழுது, தண்ணீர் அதில் உள்ள மெல்லிய சவ்வின் வழியாகச் செல்லுகிறது (Cயில் அம்புக் குறிகளால் காட்டப்பட்டுள்ளது). தண்ணீரின் இயக்கத்திற்கு இந்தச் சவ்வு மிகக் குறைவாகத்தான் தடை ஏற்படுத்துகிறது. நீண்ட கிளையின் வெட்டப்பட்ட மேல் முனையில் ஒரு சொட்டுத் தண்ணீரை ஊற்றினால், வெட்டப்பட்ட கீழ் முனையிலிருந்து இதே போன்ற ஒரு சொட்டுத் தண்ணீர் விரைவாக வெளியேறுகிறது. ஆனால் குழாய்களில் உள்ள அழுத்தம் காரணமாக, இந்த மெல்லிய சவ்வு கிழிந்து விடலாம். இச்சந்தர்ப்பங்களில், இச்சவ்வு வளைகிறது. அதில் உள்ள தட்டு, அழுத்தம் எந்தத் திசை நோக்கிச் செல்லுகிறதோ, அத்திசையில் உள்ள துளையை அடைகிறது (D, E ஆகியவற்றில் அம்புக் குறிகளால் காட்டியுள்ளபடி). இந்த முறையில் கரைக்குழி மிகவும் சௌகரியமாக அமைந்துள்ள இரட்டை வால்வு போன்று விளங்குகிறது. இது குழாய்களில் தோன்றும் பல தரப்பட்ட அழுத்தங்களுக்கு ஏற்றபடி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த வால்வுகள் இருப்பதால் தாவரங்களில் நீர் சமமாகப் பரவுகிறது.

தண்ணீர் குழாய்களின் மூலமாகச் செல்லுகிறது என்று கண்டோம். இதற்குரிய காரணத்தையும் பார்த்தோம். இப்பொழுது அது செல்லும் வேகத்தை முயன்று கண்டு பிடிக்க வேண்டும். நாம் கீழ்க்கண்டவாறு தொடங்கலாம். வெட்டப்பட்ட கிளையை நாம் தண்ணீரில் வைக்கிறோம். இந்த நீரில், அது சென்ற பாதையைக் காட்டுவதற்காகச் சில பொருள்கள் கலக்கப்பட்டுள்ளன. இப்பொழுது சிறிது நேரம் சென்ற பின்பு தண்டை நாம் குறிப்பிட்ட இடத்தில் குறுக்கே வெட்டினால், பரிசோதனையின் பொழுது தண்ணீர் குறிப்பிட்ட உயரம் ஏறுவதற்கு எவ்வளவு நேரம் ஆகியிருக்கிறது என்று கண்டுபிடிக்கலாம். மிகவும் கூடுதலாகப் போனால், மணிக்கு ஏழு அடிகள் உயரத்திற்கு நீர் தாவரத்தினுள் ஏறுகிறது.

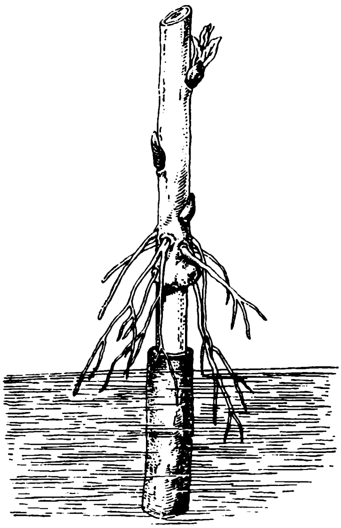
இலைகளில் நீராவிப் போக்கு நிகழ்வதால், தரைக்கு மேலுள்ள பகுதியிலிருந்து நீர் தொடர்ந்து மேலேறுகிறது. இதனால் வேரிலிருந்து தண்ணீர் தண்டினுள் வருகிறது. இந்த நீராவிப் போக்குத்தான் தண்ணீர் மேலே ஏற முக்கிய காரணம். ஆனால் இலைகளில் மட்டும் தான் இச்செயல் நிகழ்கிறது என்று சொல்லலாமா, ஏன் தண்டில் நடைபெறக் கூடாது என்று நாம் கேட்கலாம். தண்டின் உடலமைப்பியல் கட்டமைப்பு நமக்கு இக்கேள்விக்குரிய விடையைத் தருகிறது. மிகவும் இளமையாக இருக்கும் பொழுதுதான் தண்டிற்கு இலையைப் போன்ற புறத் தோல் உண்டு. இந்தத் தோல் வெகு விரைவிலேயே சிதைந்து விழுந்து விடுகிறது. இதற்கு அடியில் உள்ள ஆரம்பப் புறணி என்னும் பகுதியில், தக்கைத் திசு உருவாக்கப்படுகிறது. இது தக்கை என்று அழைக்கப் படுவதற்குக் காரணம், இது சீசாக்களை அடைக்கப் பயன் படும் தக்கை செய்ய உபயோகப்படுகிறது என்பதுதான். இந்தத் தக்கை ஓக் மரத்தின் சில இனங்களில் மிக அதிகமாக வளருகிறது. இந்தத் திசுவின் அமைப்பு, வெளித் தோற்றம் ஆகியவை மிக அதிகமாக வேறுபடுகின்றன: உதாரணமாக, ஓக் மரத்தில் உள்ள தக்கை பல அங்குல கனமுள்ள திசுவாக உருவாகிறது. பிர்ச் மரத்தில் இது மிக மெல்லிய, செதில்கள் உள்ள பட்டையாக இருக்கிறது. எல்லா மரங்களிலும் அதற்கு ஒரே ஒரு பொதுப் பண்பு உண்டு. அதன் வழியாக நீர் செல்ல முடியாது. இதன் மூலம் தக்கைத் திசு தண்டின் மீது நீர் புகாத அடுக்காக விளங்குகிறது. இது தண்டின் மூலம் நடைபெறும் தேவையற்ற அல்லது அபாயம் தரும் நீராவிப் போக்கைத் தடுக்கிறது. தாவரத்தின் உறுப்புக்களில் காயமேற்பட்டால் இந்தத் திசு தானாகவே உருவாகிறது. அதாவது தாவரத்தின் பகுதியிலிருந்து தேவையற்ற அல்லது தீங்கான முறையில்கூட நீராவிப் போக்கு நிகழுமானால் அந்த நிலைமையை இது தடுத்து விடுகிறது. இவ்விதமாக, ஒரு தாவர உறுப்பைக் காயப்படுத்தி, அதன் திசுக்கள் வெளியே தெரியும்படியாகப் பாதுகாப்பின்றி வைத்தால், மிக விரைவாக அந்த இடத்தில் தக்கைத் திசு உருவாவதைக் காணலாம்.

இந்த முறையில் வேர் தண்ணீரைத் தண்டினுள் செலுத்துகிறது. தண்டு இலைக்குத் தண்ணீரைக் கொண்டு செல்லுகிறது. இலை நீரை ஆவியாக்குகிறது. இந்தச் செயல்கள் யாவும் ஒரே முகமாக, ஒரே மாதிரியாக நிகழ்ந்தால்தான் தாவரத்தின் செயல் சகஜமாக இருக்கும். தாவரம் அது உறிஞ்சுவதை விட அதிகமாக நீரை ஆவியாக்கினுல் சம நிலை குலையும், அப்போது அது பட்டுவிடும். தாவரத்துக்கு நீரை ஆவியாக்க நேரம் இல்லாவிட்டாலும், சம நிலை மாறி விடுகிறது. இந்தச் சூழ்நிலையில் வாயு மண்டலத்தில் அதிக அளவு நீராவி இருக்கும் பொழுது, இலையில் நீராவிப் போக்கு நின்றுவிடும். அப்போது அது துளிகளாக அதை வெளிப்படுத்தத் தொடங்கும். இது புற்களில் நிகழ்வதை நாம் கண்டோம்.

* * *

உணவுப் பொருள்களின் மற்ருெரு விதமான இயக்கத்தைப் பற்றி இப்பொழுது அறிந்துகொள்ளலாம். இலைக்கு அல்ல, இலையிலிருந்து தாவரத்தின் வேர் உட்பட, மற்ற எல்லாப் பகுதிகளுக்கும் உணவுப் பொருள்கள் எப்படிச் செல்லுகின்றன என்பது பற்றி இங்கு காண வேண்டும். இலையிலிருந்து உணவுப் பொருள் செல்வதற்குக் காரணமாக ஒரு விந இயக்கம் அவசியம் என்பது தானுகவே வெளிப்படையாகத் தெரிகிறது. ஏனென்ருல் தாவரத்தின் பகுதிகளை உருவாக்கப் பயன்படும் அங்ககப் பொருள் இலையில்தான் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. இவ்வித இயக்கம் இருக்கிறது என்பதைக் கீழ்க்கண்ட எளிய பரிசோதனை காட்டுகிறது. வில்லோ மரத்தின் கிளையை வெட்டி அதைத் தண்ணீரில் வைப்போம். ஒரு சில நாட்கள் அல்லது வாரங்கள் கழிந்த பின்பு, கிளையில் வெட்டப்பட்ட கீழ் முனையில் தடிப்பு தோன்றுகிறது. இந்தத் தடிப்பிலிருந்து சிறு சிறு வேர்கள் தோன்றுகின்றன. உண்மையில், இந்த வேர்கள் இலையிலிருந்து கிடைக்கும் பொருள்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு உருவாக்கப்படுகின்றன. அல்லது இவை இலையிலிருந்து வேரை நோக்கிச் சென்றுகொண்டிருக்கும் தண்டில் உள்ள பொருள்களிலிருந்து உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. இந்தப் பொருள்கள் புதிதாக

உருவாக்கப்பட்ட வேர்களுக்கு எப்படி வருகின்றன என்று நாம் காட்டுவோம். இதற்கு, சாறு மேலே செல்லும் முறையைக் கண்டுபிடிக்கப் பயன்படுத்திய அதே முறையை உபயோகப் படுத்துவோம். மரப்பட்டையில் ஆக்கத் திசு வரைக்கும், படம் 52ல் காட்டியுள்ளது போன்று, வட்ட வடிவமாக வெட்டுவோம். இம்மரக் கிளையை நீரில் பல வாரங்கள் வைத்திருப்போம். இப்பொழுது வேர்கள் கீழ்ப் பகுதியில் தோன்றுவதில்லை. வட்டமான வெட்டின் மேல் விளிம்பில் தான் தோன்றுகின்றன. மரப்பட்டையை வெட்டியதனால், தண்டின் வழியாகக் கீழ் நோக்கி வரும் உணவுப் பொருள்கள் செல்வதை நாம் தடுத்து விட்டோம். இதிலிருந்து பட்டையில் வெட்டினால், உணவுப் பொருள் கீழ்நோக்கி வருவது தடுக்கப்படுகிறது. ஆனால், இந்த வெட்டு சாறு மேலே செல்வதைக் தடுக்கவில்லை. இதிலிருந்து வேரிலிருந்து மேல் நோக்கிச் செல்லும் சாறு மரப் பகுதி வழியாகவும், இலையிலிருந்து கீழ் நோக்கி வரும் சாறு பட்டைப் பகுதி வழியாகவும் செல்லுகிறது என்பது தெரிகிறது.



படம் 52

இம்முடிவை மற்றொரு பரிசோதனை மூலமாகவும் நிரூபிக்கலாம். காய்க்கத் தொடங்கியிருக்கும் கிளை ஒன்றை எடுத்துக் கொள்வோம். காய்க்கும் அதற்கு மிக அருகில் உள்ள இலைகளுக்கும் இடையில் இருக்கும் பட்டையை வட்டமாக வெட்டி விடுவோம். இதனால் காய்ப்பது நின்றுவிடும். வேர் அல்லது காய் போன்ற ஒரு உறுப்பை அதற்கு ஊட்டம் அளிக்கும் இலைகளிலிருந்து தனிப்பிரித்துவிடும் பட்டையிலுள்ள

வெட்டு, வளர்ச்சிக்கான சாத்தியப்பாடே அந்த உறுப்புக்கு இல்லாதவாறு செய்துவிடுகிறது. ஆகவே தாவரத்தின் பல்வேறு உறுப்புக்கள் வளருவதற்குப் பயன்படும் உணவுப் பொருள்கள் பட்டையின் மூலமாகத்தான் செல்லுகின்றன என்பதை நாம் சந்தேகத்துக்கு இடமின்றி நிரூபித்து விட்டோம். ஆனுல், நாம் ஏற்கனவே அறிந்துகொண்டபடி, பட்டை இரு பிரிவுகளாக உள்ளது. ஆரம்பப் புறணி, இரண்டாம் புறணி என்பவை அவை. இவற்றில் எப்பகுதி வழியாக உணவுச் சாறு செல்லுகிறது? இப்பொழுதும், நமது பழைய பரிசோதனையைத் திருப்பிச் செய்வோம். இப்பொழுது நாம் வெளிப்பகுதியை, உண்மையான பட்டையை மட்டும், அதில் உள்ள இரண்டாவது பட்டைக்கு, அதாவது சாற்றுக்குழாய்க் கட்டுக்களின் மரவுரிக்குச் சேதம் உண்டாக்காமல் ஜாக்கிரதையாக வெட்டுகிருேம். இப்பொழுது முதல் பரிசோதனையில் கிடைத்த முடிவுகள் நமக்கு இங்கும் கிடைக்கின்றன. இப்பொழுது கிளையின் கீழ்ப் பகுதியில் வேர்கள் தோன்றுகின்றன. இதிலிருந்து உணவுப் பொருள்கள் இரண்டாவது பட்டை மூலமாகத்தான் செல்லுகின்றன என்று தெரிகிறது. இப்பொழுது நாம் ஒரு படி முன்னுக்குச் செல்லுவோம்: இரண்டாவது பட்டையிலும் எந்தப் பகுதிகளின் வழியாக உணவுச் சாறு செல்லுகிறது? அதில் உள்ள பகுதிகள் மர நார்கள், சல்லடைக் குழாய்கள் என்று நமக்குத் தெரியும். இவ்விரு உறுப்புக்களின் அமைப்பை ஒப்பிட்டால், சல்லடைக் குழாய்களின் மூலமாகத்தான் உணவுச் சாறு செல்லுகிறது என்று தெரிகிறது. நார்களின் சுவர் தடிப்பானது. அவற்றில் உட்குழிகள் இல்லே. ஆனுல் சல்லடைக் குழாய்கள் அகலமானவை. அவை திறந்த குழிகளின் மூலமாக ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்பு கொண்டுள்ளன. இவற்றின் வழியாக திரவ, பாதி திரவ நிலேயில் உள்ள பொருள்கள், நுணுக்கமான ஸ்டார்ச் பொருள்கள் ஆகியவை செல்ல முடியும். இந்த அனுமானம் கீழ்க்கண்ட பரிசோதனைக்குப் பின் நிச்சய உண்மை ஆகிவிடுகிறது. ஒலியாண்டர் மரத்தின் கிளை ஒன்றை எடுத்துக் கொள்வோம். இரண்டாவது பரிசோதனையில் வில்லோக் கிளையைப் பயன்படுத்தியது போல், இங்கும் இதைப் பயன்படுத்துவோம். அதாவது ஆக்கத்திசு

வரைக்கும் மரப்பட்டையை உரிக்க வேண்டும். இப்பொழுது முற்றிலும் எதிர்பாராத முடிவு கிடைக்கிறது. வெட்டப்பட்ட முனையிலும், அடிப்பக்கத்திலும் வேர்கள் தோன்றுகின்றன. எனவே ஊட்டப் பொருள்கள் பட்டையின் வழியாக இன்றி வேறு வகையில் செல்லுகின்றன என்று தெரிகிறது. வெளிப் படையான இந்த முரண்பாட்டுக்குக் காரணம், ஒலியாண்ட ரின் தண்டு மற்றத் தண்டுகளின் சாதாரண அமைப்பிலிருந்து வேறுபட்ட அமைப்புக் கொண்டது என்பதே. இங்கு பட்டையிலும் உட்சோற்றுப் பகுதியிலும் சல்லடைக் குழாய் கள் காணப்படுகின்றன. இங்கு இந்த உட்சோற்றுப் பகுதி யில் காணப்படும் குழாய்கள் தாம், பட்டையில் வட்டமான வெட்டு செய்யப்பட்ட பின்பும், உணவுப் பொருளைத் தண்டின் கீழ்ப்பகுதிக்குக் கொண்டு செல்லுகின்றன. இவ்விதமாக வில்லோ, ஒலியாண்டர் ஆகியவற்றைக் கொண்டு செய்த நான்கு பரிசோதனைகள் சாத்தியமான அனுமானங்களின் வட்டத்தைப் படிப்படியாக, முறையாகக் குறைத்து, முடிவாக, திட்ட வட்டமாக சல்லடைக் குழாய்கள்தாம் உணவுப் பொருள்களைக் கொண்டு செல்லப் பயன்படுகின்றன என் பதைக் காட்டுகின்றன. கட்டுமானப் பொருள்கள் எனப்படும் இந்த உணவுப் பொருள்கள் தாவரத்தின் புதிய பாகங்களை உருவாக்கப் பயன்படுகின்றன.

இலைகளில் மரப்பால் குழாய்கள் இருப்பதுபற்றி நிகழ்ந்த சமீப காலத்திய ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து, அவை உணவுப் பொருள்களைக் கொண்டு செல்லத் தகுந்த சாதனங்கள்தாம் என ஒரு கருத்து தோன்றியுள்ளது. இந்தக் குழாய்கள் இலையில் உணவுப்பொருள்களை உற்பத்திசெய்யும் பச்சை நிறத் திசுக்களுக்குப் பக்கத்தில் காணப்படுகின்றன என்பதுதான் இக்கருத்துக்குக் காரணம். இதற்கு ஆதாரமாக மற்ெறாரு விஷயமும் உள்ளது. மரப்பால் சிதைவதினால் தாவரம் அழிகிறது என்பதுதான் இந்த ஆதாரம்.

இலையிலிருந்து சாறு செல்லுகின்ற பாதையைப் பற்றி இது வரைக்கும் கண்டோம். இனி இப்பாதையில் சாறு செல்வதற்குரிய காரணத்தைத் தெரிந்துகொள்ள வேண்டும். மறுபடியும், நமக்கு இந்த விஷயத்தை விளக்கப் பயன் படுவது வியாபகம் என்னும் கருத்து ஆகும். வெளிப் புறத்

திலிருந்து தாவரத்துக்கு உள்ளே பொருள் வரும்பொழுதும் சரி, தாவரத்தின் ஒரு பாகத்திலிருந்து மற்றொரு பகுதிக்குப் பொருள் உறிஞ்சப்படும் பொழுதும் சரி, இந்தச் சொல் பல்லவிபோல மறுபடி மறுபடி பயன்படுத்தப்படுகிறது. கரைந்துள்ள நிலையில் இருக்கும் பொருள் வியாபக விதிப்படி கரையாத நிலைக்கு மாற்றப்படும் இடம் நோக்கி விசேஷமாகச் செல்லுகிறது என்பது தெளிவு. அது வருங்காலத்துக்காகச் சேமித்துவைக்கப்படுகிறது, அல்லது தாவரத்தின் திடப்பகுதிகளை உருவாக்கப் பயன்படுகிறது.[1] ஊட்டப் பொருள்கள், சாற்றுக் குழாய்க் கட்டுக்களின் தொகுப்பு முழுவதிலும் சேருகின்றன. இதைச் சூழ்ந்துள்ள உயிரணுக்கள் எல்லாவற்றிலும் ஸ்டார்ச் அதிகமாக இருக்கிறது. இவற்றில் சில சமயங்களில் படிகங்களும், வேறு பல பொருள்களும் உள்ளன. விதையின் முளைசூழ்தசையில் ஊட்டப் பொருள்கள் சேமித்து வைக்கப்பட்டிருப்பது நமக்கு எற்கனவே தெரியும். இதே போன்ற சேமிப்பு, இன்னும் அதிக அளவுகளில் தாவரத்தின் பிற பகுதிகளில் இருப்பதை நாம் காணலாம். இவை உட்சோற்றுப் பகுதி, மெடுல்லாக் கதிர்கள் சுருக்கமாக தண்டின் அடிப்படைத் திசுப்பகுதி ஆகியவற்றில் சேமித்து வைக்கப்படுகின்றன. சவ்வரிசிப் பனை என்னும் மரத்தின் உட்சோற்றுப் பகுதியில் நூற்றுக்கணக்கான பவுண்டு எடையுள்ள ஸ்டார்ச் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. உருளைக்கிழங்கில் ஸ்டார்ச் சேமித்து வைக்கப்படுகிறது. பீட்ரூட்டில் சர்க்கரை ஏராளமாகச் சேமித்து வைக்கப்படுகிறது. முட்டைக்கோஸ், முள்ளங்கி போன்றவற்றில் பல வகைப்பட்ட ஊட்டப் பொருள்கள் காணப்படுகின்றன. மேற்கூறிய அகவே கற்றாழையின் தசைப் பற்று மிகுந்த மடல்களில் சர்க்கரை பல ஆண்டுகளாகச் சேமித்து வைக்கப்படுகிறது. உண்மையில் ஊட்டப் பொருள்களைச் சேமிப்பதற்குப் பயன்படாத எந்தத் தாவர உறுப்பும் இல்லை எனலாம். பீட்ரூட், முட்டைக்கோஸ் போன்றவற்றில் நிகழ்வது போல், இந்தச் சேமிப்புகள் அடுத்த ஆண்டில் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. மேற்கூறிய தாவரங்களில் சேமித்த உணவு

[1] விரிவுரைகள் II, III ஆகியவற்றைக் காணவும்.

இரண்டாவது ஆண்டில் தண்டு, பூ போன்றவற்றை வளர்க்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. அல்லது அகவே கற்ருழையில் நிகழ்வது போல, அவை பல வருடக் கணக்காகச் சேமித்து வைக்கப்பட்டு, பூவும் கனியும் விளேக்கும் மிகப் பெரிய பூத்தண்டை உருவாக்கப் பயன்படுகின்றன. ஒவ்வொரு தாவரத்திலும் சேமிப்பு என்பது ஊட்டப் பொருள்களின் தற்காலிகமான இடைநிலேயான இலக்கு. இவற்றின் முடிவான இலக்கு வேறு. இது தாவரங்களில் புதுப் பகுதிகள், புதிய உறுப்புக்கள், புது உயிரணுக்கள் உருவாகும் பொழுது, அதாவது அவை தாவரங்களின் வளர்ச்சிக்கு உதவும் பொழுது வெளிப்படுகிறது. இவ்விதமாக, உறிஞ்சுதல், ஜீரணம், ஊட்டப் பொருள்கள் கடத்தப்படல் என்ற தலேப்புகளின் கீழ் ஊட்ட முறையை நாம் அறிந்துகொண்டோம். இப்பொழுது அடுத்த அதிகாரத்தில் வளர்ச்சி பற்றி நாம் தெரிந்து கொள்ளலாம்.

VII

வளர்ச்சி

ஊட்டமும் வளர்ச்சியும். வேரிலும், தண்டிலும் வளர்ச்சி யின் திசை. புவி ஈர்ப்பின் பாதிப்பு. திசுக்களின் பிகுவு. புவி ஈர்ப்புச் சக்தி செயல்படும் முறை. ஒளியின் பாதிப்பு. ஒளித் திருப்பம். வளர்ச்சியை அளக்கும் முறைகள். உஷ்ணத்தின் பாதிப்பு. வெப்பத் திருப்பம்.
வளர்ச்சியும் உயிரணுக்கள் பெருகுதலும். அணுக்கருப் பிளவு. உயிரணுச் சுவர்களின் வளர்ச்சி மீது ஒளியின் நெருங் கிய விளைவு. உயிரணுக்களின் உருவத்தின் மீது அழுத்தத்தின் விளைவு. உயிரணுக்களின் வளர்ச்சிக்கான இயந்திர அமைப்பு. தாவரம் வளருவதைக் கேட்க முடியுமா? பரிசோதனைக்கலே.

சில வட பகுதி மக்களின் நாடோடி இலக்கியத்தில் கடவுள் களும் வருங்காலம் உரைப்பவர்களும் புல் வளருவதைப் பார்க்க மட்டுமின்றிக் கேட்கவும் முடியும் என்று கூறப்பட்டுள் ளது. சாதாரண மனிதனின் கண்களும் காதுகளும் தாவரத்தின் வளர்ச்சியைப் பார்க்கவும் கேட்கவும் செய்யும் அளவிற்குக் கூர்மை அடைய முடியுமா என்று இந்த விரிவுரையில் காண்போம். வளர்ச்சி என்ற சொல்லை எந்தப் பொருளில் பயன்படுத்துகிறோம் என்பதை வரையறுப்பதிலிருந்து நமது விஷயத்தைத் தொடங்குவோம். வளர்ச்சி என்ற பதம், குறுகிய பொருளில் தாவரம் தடிப்பாவதைக் குறிக்கிறது. இவ்வாறு தாவரம் தடிப்பாவது, தன்மயமாக்கப்பட்ட உணவுப் பொருள்கள் பிரதானமாக உயிரணுச் சுவர்களால் ஆன

தாவரத்தின் திண்மையான சட்டகமாக மாற்றப்படுவதன் விளைவாக நிகழ்கிறது. இவ்வாறு வளர்ச்சி கட்டாயமாக ஊட்டத்தை உள்ளடக்கியது எனினும் இவ்விரு செயல்முறைகளும் ஒரே சமயத்தில் நிகழ வேண்டும் என்ற அவசியமில்லை. ஊட்டம் நிகழ்வதை ஒரு குறித்த காலத்துக்கு இயலாமல் செய்துவிடும் ஒளி இல்லாமை போன்ற நிலைமைகளிலுங்கூட வளர்ச்சி நடைபெறலாம். உண்மையில் இந்தச் செயல்முறைகள் வெவ்வேறு இடங்களில், வெவ்வேறு காலங்களில் நடைபெறலாம். ஏற்கனவே வளர்ந்துவிட்டவையும் முதன்மையாக ஊட்டத்திற்குப் பயன்படுபவையுமான உறுப்புக்களைச் செலவிட்டு வளரும் தாவரத்தின் இளம் பகுதிகளில் வளர்ச்சி வழக்கமாக மிகத் தீவிரமாயிருக்கிறது. ஏராளமான உணவுச் சேமிப்பை, பெரும்பாலும் பல ஆண்டுகளாகத் திரட்டப்பட்ட சேமிப்பைச் செலவிட்டு வளர்ச்சி நடைபெறும் தாவர வகைகள் நமது முந்திய விரிவுரையில் குறிப்பிடப்பட்டன. தாவர வாழ்க்கையின் இரு முக்கியச் செயல்களான ஊட்டமும் வளர்ச்சியும் சிறப்பாக இத்தகைய தாவரங்களில் மிகவும் தனித்தனியான காலங்களில் நிகழ்கின்றன. விதை முளைக்கும் பொழுது, முளைக்குருத்தின் அளவு அதிகரிப்பது அதற்கு ஏற்றபடி பொருள்கள் சேருவதைப் பொறுத்திருப்பதில்லை என்பதையும், அதில் சுவாசம் காரணமாகப் பொருள்கள் இடைவிடாது கணிசமாகக் குறையவும் செய்கின்றன என்பதையும் நாம் ஏற்கனவே பார்த்தோம்.

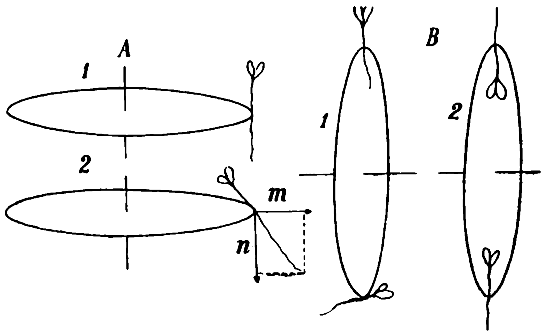
வளர்ச்சி என்னும் நிகழ்ச்சி பற்றிய நமது பார்வையீட்டை முளைக்கும் விதையிலிருந்து சின்னஞ்சிறு வேரும் தண்டும் வெளிக் கிளம்பும் கட்டத்திலிருந்து தொடங்குவோம். இவற்றில் ஒன்று வெளிச்சத்திலிருந்து தப்பி ஓடுவதுபோல மண்ணினுள் புதைந்துகொள்கிறது. மற்றொன்றோ, ஒளியை எதிர்கொள்வது போலக் காற்றில் உயரே நீள்கிறது. இந்நிகழ்ச்சியை ஆராயும் பொழுது நமது மனதில் தோன்ற வேண்டிய(ஆனால், நாம் இந்நிகழ்ச்சிக்கு மிகவும் பழகிப் போய் விட்டபடியால் அரிதாகவே எவருக்கேனும் தோன்றுகிற)முதல் கேள்வி இதுதான்: வேரும் தண்டும் வெவ்வேறு திசைகளில், ஒன்று மண்ணுக்கு உள்ளும் மற்றொன்று காற்றிலும், ஒன்று கீழ்நோக்கியும் மற்றொன்று மேல் நோக்கியும் வளர்வது ஏன்?

இந்த விஷயம் விஞ்ஞானிகளுக்கு மிகுந்த குழப்பம் தந்தது. இப்பொழுதும் கூட எல்லா விவரங்களிலும் இந்தப் பிரச்சினை முற்றிலும் தீர்க்கப்பட்டுவிட்டது என்று கூற முடியாது. இந்த நிகழ்ச்சியின் காரணத்தைத் தேடுகையில் விஞ்ஞானிகளின் நாட்டம் வெகு இயல்பாகவே ஒளியின் மீதும் மண்ணில் உள்ள ஈரத்தின் மீதும் விழுந்தது. தண்டு ஒளியை நோக்கி வளருகிறது, வேர் ஒளியிலிருந்து விலகிச் செல்லுகிறது, எனவே வளர்ச்சியின் திசைக்குக் காரணமாக விளங்கும் வெளிச் சக்தியாக ஒளியை நாம் கொள்ள வேண்டும் என்று கூறப்பட்டது. ஆனால் இக்கொள்கை சரியல்ல என்று எளிதாக நிரூபித்து விடலாம். ஒளி இல்லாமல் இருந்தாலும் கூட இவ்விரு உறுப்புக்களும் வளரும் திசை வெளிச்சத்தில் உள்ளது போலவே இருக்கிறது. தவிரவும் ஒரு ஜன்னலுக்கு மேலே தொங்கவிடப்பட்டுள்ள சல்லடையில் கீழிருந்து மட்டுமே வெளிச்சம் படும்படியான நிலையில் விதைகள் ஊன்றப் பட்டால், மண் படிவைக் கடந்தபின் வேர்கள் சல்லடைக் கண்களின் வழியே வெளியே வந்து ஒளியை நோக்கித் தொடர்ந்து வளரும்; தண்டுகளோ, மேல்நோக்கி ஒளியிலிருந்து விலகி வளரும். வேர் வளரும் திசையைத் தீர்மானிப்பது மண்ணின் ஈரமே என்ற அடுத்த கொள்கையும் தவறு என்று ஒரு பரிசோதனை காட்டுகிறது. இந்தப் பரிசோதனையில், முளைக்கும் விதைகளைச் சுற்றி ஈரமான மண் அல்லது ஈரமான கடற்பஞ்சு வைக்கப்படுகிறது. இங்கு ஈரப்பசை ஒரே அளவினதாகத் தான் இருக்கிறது. இருப்பினும் வேரும் தண்டும் செங்குத்தாகவே வளருகின்றன.

வேர், தண்டு ஆகியவை வளரும் திசைக்கும் ஒளி, ஈரம் போன்றவற்றிற்கும் நிரந்தரமான தொடர்பில்லை என்பது இதிலிருந்து தெரிகிறது. கிடை மட்டத்திற்கு அது உள்ள நிலை தான் நிரந்தரமானது: வேர் எப்பொழுதுமே கீழ் நோக்கியும் தண்டு மேல் நோக்கியும் வளருகின்றன. இந்நிகழ்ச்சி பூமியெங்கிலும், மறு கோளார்த்தத்திலும் இங்கும், காணப் படுகிறபடியால் இதை இன்னும் சரியாகப் பின்வருமாறு கூறலாம்: வேர் பூமியின் மையத்தை நோக்கி வளருகிறது, தண்டு அதிலிருந்து விலகிச் செல்லுகிறது. இவ்வாறு இவை வளரும் திசை நிலையாக இருப்பதிலிருந்து இதற்குரிய

அடிப்படை புவி ஈர்ப்புச் சக்தி என்பது தெரிகிறது. இதைப் பரிசோதனை மூலமாக நிரூபிக்கலாம். தாவரத்தின் பகுதிகள் வளரும் திசையைத் தீர்மானிப்பது புவி ஈர்ப்புச் சக்தி என்றால் அதன் செயல்பாட்டை நீக்குவதன் வாயிலாக நாம் இந்த நிகழ்ச்சியை நிறுத்திவிடுவோம். இச்சக்தியை மாற்றுவதன் மூலம் நாம் நிகழ்ச்சியையே மாற்றி விடலாம். முடிவில் இந்தச் சக்திக்குப் பதிலாக வேறு திசையில் இயங்கும் மற்றொரு சக்தியைப் பயன்படுத்தி, நிகழ்ச்சியின் திசையையே அதற்கு இசைய நாம் மாற்றிவிடலாம். ஆனால் இதை எப்படி உண்மையில் செய்வது? பூமியின் பரப்பின் மேலுள்ள ஒரு பொருளைப் புவியின் ஈர்ப்புச் சக்தியிலிருந்து அகற்றுவது எப்படி? தாவரத்துக்கு மேற்பகுதி, கீழ்ப் பகுதி என்பன இல்லாதபடி செய்வது எப்படி? இவற்றை உண்மையில் செய்ய முடியாது என்பது தெளிவு. ஆனால் புவி ஈர்ப்புச் சக்தியைக் குறுகிய காலத்திற்கு எதிர் எதிர்த் திசைகளில் செயல்படும் படியாகச் செய்து, அதன் மூலம் தன் பாதிப்பை அது தானே சமன் செய்து கொள்ளுமாறு செய்யலாம். இதற்கு, முளைக்கும் விதையைச் சுழலும் சக்கரம் (உதாரணமாக, மின் காந்த சக்தியால் சுழலும் சக்கரம்) ஒன்றின் வளையத்தில் இணைக்க வேண்டும். சக்கரம் கிடை மட்டமாகச் சுழன்றால், வேர் கீழ் நோக்கியும் தண்டு மேல் நோக்கியும் (படம் 53—A, 1ல் காட்டப்பட்டுள்ளது போல்) வளர்வதை அது தடை செய்யாது தான். ஆனால் சக்கரம் செங்குத்துத் தளத்தில் சுழன்றால் (படம் 53—B, 1), அல்லது முளைக்கும் விதையைச் சுவர்க் கடிகாரத்தின் நிமிட முள்ளுடன் இணைத்து விட்டால் வேர், தண்டு ஆகியவற்றின் நிலை ஒவ்வொரு அரைச் சுற்றிலும் மாறும் என்பது கூறாமலே விளங்கும். முடிவில் முளைக்குருத்துக்கு மேல், கீழ், இடது புறம், வலது புறம் ஆகியவை இரா. புவி ஈர்ப்புச் சக்தி எந்த ஒரு திசையிலும் தொடர்ந்து செயல்படுவது தவிர்க்கப்படும். வேர், தண்டு ஆகியவற்றை நாம் விரும்பிய நிலையை மேற்கொள்ளச் செய்யலாம் என்றும் பொதுவாக அவை இணைக்கப்பட்ட திசையிலேயே வளரச் செய்யலாம் என்றும் இந்த நிலைமைகளில் செய்யப்பட்ட பரிசோதனைகள் காட்டியுள்ளன (படம் 53—B, 1 ஐக் காணவும்).

இது வரைக்கும் சக்கரம் மெதுவாக, ஆனால் கிடை மட்டத்திற்கு ஒரு குறித்த நிலையில் விதை நீண்ட நேரம் இருப்பதைத் தடுக்கும் அளவிற்கு வேகமாகச் சுழலுவதாக வைத்துக் கொண்டோம். இப்பொழுது அதை இன்னும் வேகமாகச் சுற்றச் செய்வோம். இப்பொழுது கயிற்று நுனியில் கனமான பொருளைக் கட்டி விரைவாகச் சுழற்றும் பொழுது ஏற்படுவது போன்ற **மைய விலக்கச் சக்தி** தோன்றுகிறது. இந்த சக்தி மையத்திலிருந்து சக்கரத்தின் சுற்று அளவு எல்லையை



படம் 53

நோக்கிச் செயல்படுகிறது. இதைக் கீழ்க்கண்ட பரிசோதனையிலிருந்து காணலாம். கிடை மட்டமாகச் சுற்றும் சக்கரம் ஒன்றின் அச்சுக்கு அருகில் ஆரக்காலில் வளையம் ஒன்று வைக்கப்படுகிறது. சக்கரம் சுமாரான வேகத்தில் சுழலும் பொழுது வளையம் சக்கரத்தின் பட்டையைத் தொடும் வரை வழுகிச் செல்லுகிறது. எனவே இந்த மைய விலக்கச் சக்தி பொருள்களின் மீது செயலாற்றும் பொழுது, பொருள்களை மையத்திலிருந்து சுற்றளவு எல்லையை நோக்கி விலகிச் செல்லும் படி செய்கிறது. இந்தச் சக்தி முளைக்கும் விதைகள் மீது எவ்விதப் பாதிப்பையும் ஏற்படுத்தாமல் இருக்க முடியாது என்பது தெளிவு. உண்மையில், B என்ற சக்கரத்தை விரைவாகச் சுழலச் செய்தால், முளை வேர்களும் தண்டுகளும் சில குறிப்பிட்ட நிலைகளைப் பெறுவதைக் காண்போம். முளை வேர்கள் சக்தியின் திசையில், அதாவது மையத்திலிருந்து

விலகி வளரும். தண்டுகள் மையத்தை நோக்கி வளரும் (படம் 53—B, 2).

கிடை மட்டமான தளத்தில் சுற்றும் சக்கரம் எவ்வித விளைவை ஏற்படுத்துகிறது என்று இப்பொழுது நாம் அறிந்து கொள்ளலாம். இங்குள்ள நிலைமைகள் செங்குத்தான சுழற்சியில் இருந்த நிலைமைகளிலிருந்து வேறுபடும் என்பது வெளிப்படை. அச்சுழற்சியில் புவி ஈர்ப்புச் சக்தியின் பாதிப்பு முற்றிலும் நீக்கப்பட்டுவிட்டது. அங்கு மைய விலக்கச் சக்தி மட்டும்தான் செயலாற்றியது. சக்கரம் கிடை மட்டமாகச் சுற்றும் பொழுது இரு சக்திகளும் வேலை செய்கின்றன. புவி ஈர்ப்புச் சக்தியே வேரைப் படத்தில் n என்ற அம்புக் குறியால் காட்டப்பட்டுள்ள திசையில் வளரச் செய்திருக்கும் (படம் 53—A, 2). மைய விலக்கச் சக்திமட்டும் அதை m என்ற அம்புக் குறியுள்ள திசையில் வளரச் செய்திருக்கும். இரு சக்திகளும் ஒரே சமயத்தில் செயல்படும் போது வேர் படத்தில் உள்ளது போன்று இடை நிலையை அடைய வேண்டியதாகிறது. மைய விலக்கச் சக்தி எவ்வளவு அதிகமாக இருக்குமோ அதாவது சக்கரம் எவ்வளவு பெரிதாக இருந்து எவ்வளவு விரைவாகச் சுழலுமோ அவ்வளவுக்கு வேரின் நிலை கிடை மட்டத்துக்கு அருகில் இருக்கும். பரிசோதனை இந்த அனுமானத்தை முழு மையாக உறுதிப்படுத்துகிறது.

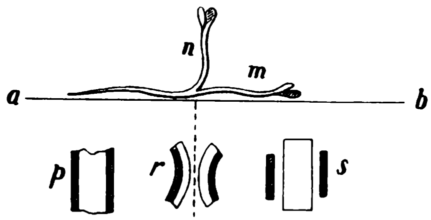
எனவே தாவரத்தின் பல்வேறு பகுதிகள் வளரும் திசை பூமியின் மையத்தை நோக்கிச் செயல்படும் சக்தியைப் பொறுத்துள்ளது. இந்தச் சக்தியின் செயலை அகற்றுவதன் மூலம் (செங்குத்தான நிலையில் மெதுவாகச் சுழலும் சக்கரத் தில் போல) நாம் அதன் பாதிப்பையே தவிர்த்து விடுகிறோம். மற்றொரு சக்தியின் செயலினால் (கிடை மட்டத்தில் விரைவாகச் சுழலும் சக்கரத்தில் செய்த பரிசோதனையில் போல) இந்த விளைவை நாம் அதற்கு ஏற்ப மாற்றி அமைக்கிறோம். ஆனால் இந்த உண்மைகள் யாவற்றிற்கும் பொருந்தும் ஒரு சக்தி தான் நமக்குத் தெரிந்தது. இதுதான் புவி ஈர்ப்புச் சக்தி அதா வது பூமியின் கவர்ச்சி. முடிவாக, புவி ஈர்ப்புச் சக்திக்குப் பதி லாக மைய விலக்கச் சக்தியைப் பயன்படுத்தி (செங்குத்தான நிலையில் விரைவாகச் சுழலும் சக்கரத்தைக் கொண்டு செய்த பரிசோதனையில் போல) பூமியின் கவர்ச்சி தோற்றுவிக்கும்

அதே விளைவை நாம் ஏற்படுத்தலாம். இப்பொழுது தாவரத்தின் இரு உறுப்புக்களும் இதற்கு ஏற்ற திசைகளில், அதாவது, வேர் அந்தச் சக்தி செயல்படும் திசையிலும் தண்டு அதற்கு எதிர் திசையிலும் வளருவதை நாம் காண்கிறோம்.

பூமியின் கவர்ச்சிச் சக்திதான் தண்டு, வேர் ஆகியவற்றின் வளர்ச்சியின் நிரந்தரமான திசையைத் தீர்மானிக்கிறது என்பது இவற்றிலிருந்து தெரிகிறது. ஆனால் ஒரு நிகழ்ச்சி நடைபெறுவதற்குக் காரணமாக இருக்கும் சக்தியைக் குறிப்பிடுவது ஒரு விஷயம். இந்தச் சக்தி ஏன், எவ்வாறு இந்த முறையில் இயங்குகிறது என்று விளக்குவதோ முற்றிலும் வேறொரு விஷயம்.

உண்மையில், வேரை புவி ஈர்ப்புச் சக்தி பூமியின் மையத்தை நோக்கி வளரச் செய்யும் என்பதை நாம் எளிதில் புரிந்துகொள்ள முடியும். ஆனால், அதே ஈர்ப்புச் சக்தியின் பாதிப்பினால் தண்டு மாறாக புவியின் மையத்திலிருந்து **விலகிச் செல்கிறது** என்பதை எப்படிப் புரிந்துகொள்வது? ஆனால் இதுதான் உண்மையில் நிகழுகிறது. செங்குத்தாக வைக்கப்பட்ட தண்டு இந்தத் திசையில் தொடர்ந்து வளர்கிறது என்பது மட்டுமல்லாமல், கிடை மட்டமாக வைக்கப்பட்ட தண்டும் நேராக மேல் நோக்கித் திரும்பி எழுகிறது. கிரெஸ் செடியின் நாற்று ஒன்று இங்கு உள்ளது. இது சில மணி நேரத்துக்கு முன்னால் கண்ணாடித் தட்டு ஒன்றில் வைக்கப்பட்டது (படம் 54—ab). இதன் சிறு தண்டு நீங்கள் பார்ப்பது போல் மேல் நோக்கித் திரும்பியுள்ளது. அது m என்ற நிலையிலிருந்து n என்ற நிலையை அடைந்துள்ளது. நமுதாத் துணியில் வளர்க்கப்படும் கிரெஸ் பூண்டுகள் இங்கு உள்ளன. முதலில் நமுதாத் துணி கிடை மட்டமாக இருந்தது. பின்பு நான் அதை அதன் ஒரு விளிம்பில் நிற்கும்படி வைத்தேன். அப்புறம் அதை முறையே தலைகீழாகவும், மறு விளிம்பில் நிற்கும்படியும், கடைசியாக மறுபடியும் கிடை மட்டமாகவும் வைத்தேன். இவ்வாறு தண்டுகளின் நிலை கிடை மட்டத்துக்கு ஒப்பு நோக்கில் நான்கு தடவை மாறியது. இவ்வாறு மாறும் பொழுது அவை முழு வட்டம் இட்டு, சுருக்கு வடிவில் நெளிந்த பின்பு தொடர்ந்து மேல் நோக்கி வளர்கின்றன. புவி ஈர்ப்புச் சக்தியின் பாதிப்பு காரணமாக தண்டு, அச்சக்தி செயல்படும் திசைக்கு

எதிராகத் திரும்புகிறது என்பது இதிலிருந்து தெளிவாகிறது. இதை எப்படி விளக்குவது? நாம் தண்டை மாத்திரம் அல்லாமல் வேரையும் கட்டாயமாக இடைவிடாமல் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும். ஏன் தண்டு மேல் நோக்கி வளருகிறது, வேரில் இது ஏன் நிகழ்வதில்லை என்ற இரண்டு வினாக்களுக்கும் ஒரே சமயத்தில் விடையளிக்கும் விளக்கம் தான் திருப்தி அளிப்பதாகக் கருதப்பட முடியும். நாம் விரும்பும் விளக்கம் வேர், தண்டு ஆகியவற்றின் கட்டமைப்பில் உள்ள ஒரு வகை



படம் 54

வேறுபாட்டில் அடங்கியிருக்க வேண்டும். ஏனென்றால் ஒரே சக்தி, ஒரே மாதிரியான பொருள்களின் மீது வெவ்வேறு விதமாகச் செயல்படும் என்பதை நாம் ஏற்றுக்கொள்ள முடியாது.

தண்டு மேல் நோக்கி வளர்வதற்கு என்ன விளக்கம் நம்மால் தர முடியும் என்பதைப் பார்ப்போம். இதைப் பற்றி அறியத் தாவர உறுப்புக்களுக்குரிய சிறப்பான பண்பு ஒன்றைப் பற்றி முதலில் கற்க வேண்டும். இப்பண்பு **திசுக்களின் பிருவு** என்பதாகும். இளமையான வளரும் தண்டின் நடுவிலிருந்து படம் 54— *p* யில் காட்டியுள்ளது போன்று நீண்ட துண்டு ஒன்றை வெட்டி எடுப்போம். படத்தில் கோடிட்ட பகுதி புறத் தோலையும், புறணியையும் குறிக்கிறது. அது உலராமல் இருக்க, அதை நீரில் நனைப்போம். பின்பு கூரிய கத்தியால் அதை நீளப் போக்கில் இரு பாதிகளாக வெட்டுவோம். படம்54— *r* யில் காட்டியபடி இரு பகுதிகளும் உடனே வளையும். ஒவ்வொரு பகுதியின் வெளிப் பக்கமும் குறுகு

வதாலோ, அல்லது உட்புறம் நீளுவதாலோ, அல்லது இரு செயல்களும் ஒரே சமயத்தில் நிகழ்வதாலோ மட்டுமே இவ்வளவு ஏற்படக் கூடும். என்னவாயினும், நாம் பின்வரும் முடிவுக்கு வருகிறோம்: வெட்டப்படாத முழுத் தண்டில் வெளிப் பகுதியும் உட்பகுதியும் பரஸ்பரம் ஒன்றையொன்று இறுக்கும் நிலையில் உள்ளன; ஒரு பகுதி மற்றொன்றை நீட்டுகிறது; மாறாக, மறு பகுதி நீட்சியை எதிர்ப்பதனால் முன்னதன் நீளும் முயற்சி தடைப்படுகிறது. ஒன்றுக்குப் பதில் இரண்டு வெட்டுக்கள் செய்து, இரு புறப் பகுதிகளையும் தனியாக்கி நடுப் பகுதியை அவற்றிலிருந்து விடுவிப்பதனால் இந்த உண்மையை நாம் நிரூபிக்கலாம் (படம் 54— s). இப்பொழுது நடுப்பகுதி நீண்டு p யில் இருந்ததை விட அதிக நீளமாவதையும் அதே சமயத்தில் வெளிப் பகுதிகள் குறுகி, p யில் இருந்ததைக் காட்டிலும் குட்டையாவதையும் எதார்த்தத்தில் காணலாம். தண்டின் உட்பகுதிகள் நீள முயல்கின்றன, ஆனால் இந்த முயற்சியில் வெளிப் பகுதிகளால் எதிர்க்கப்பட்டு அவற்றை நீட்டுகின்றன என்பது தெளிவாகிறது. திசுக்களின் இந்தப் பரஸ்பர பிகுவு தாவரத்தின் வாழ்க்கையில் மிக முக்கியமான பங்கு ஆற்றுகிறது. மென்மையான, துவளும் தண்டுகள் விறைப்பு அடைவது இப்பண்பின் காரணமாகத்தான். மெல்லிய உயிரணுச் சுவர்களாலும் திரவப் பொருள்களாலும் ஆன திசுக்கள் ஒரு பொழுதும் விறைப்பாக இருக்க முடியாது. உயிரணுக்களில் திரவம் அளவுக்குமேல் நிரம்பி, விளைவாக அவற்றின் சுவர்கள் பிகுவு அடையும் போதுதான், உள் திசுக்கள் வெளித் திசுக்களை அழுத்தி, இதன் மூலம் தாமே அழுத்தப்படும் போதுதான் தாவர உறுப்பு விறைப்புத் தன்மை பெறுகிறது. அப்போது அது எளிதாக வளைவதில்லை அல்லது வாடி விழும் தண்டில் நிகழ்வது போல் கீழே சாய்வதில்லை. வாடி விழும் தண்டுகளில், தண்ணீர் பற்றாக்குறை காரணமாக, தனி உயிரணுக்களின் சவ்வுறைகளின் பிகுவும் திசுக்களின் பரஸ்பர பிகுவும் குறைந்து விடுகின்றன.

தாவரம் வளரும்பொழுது என்ன நிகழுகிறது என்பதைப் பற்றி பொதுவாக அறிந்துகொள்ள உதவும் உவமை ஒன்றை, அது ஓரளவு பருமட்டமானது எனினும், கையாளுவோம்.

எனது கையில் கையுறை ஒன்றுள்ளது. அதன் வெற்று விரல்கள் கீழ் நோக்கித் தொங்குகின்றன. அதன் ஒரு விரலுக்குள் காற்றை ஊதி, அதன் அடிப் பக்கத்தில் அழுத்திப் பிடித்துக் கொள்கிறேன். இப்பொழுது அது துவண்டு விழாது. அதை நிலைக்குத்தாகவும், கிடை மட்டமாகவும் வைக்க முடியும். காற்று நிரம்பியுள்ள விரல், அளவுக்குமேல் சாறு நிரம்பியுள்ள உயிரணுவிற்கு அல்லது அதிக விரைவாக வளரும் உட்பகுதிகளின் உள் அழுத்தம் காரணமாக வெளிப்பகுதிகள் விறைப்பாக இருக்கும் தண்டிற்கு ஓரளவு உவமையாக விளங்குகிறது.

இது வரைக்கும் நாம் விளக்கிக் கூறியவற்றிற்கும் ஆரம்பத்தில் நாம் விடுத்த கேள்விக்கும் உள்ள தொடர்பை இப்போது காண்போம். அந்தக் கேள்வியாவது: கிடை மட்ட நிலையில் வைக்கப்பட்ட தண்டு ஏன் தானாகவே மேல் நோக்கி வளைகிறது?

தண்டு செங்குத்து நிலையில் இருக்கும் பொழுது அதன் மீது புவி ஈர்ப்புச் சக்தி சமமாகச் செயல் புரிகிறது. ஆனால் அதை நாம் கிடை மட்டமாக வைத்தவுடன் நிலைமைகள் மாறுகின்றன. அதிகச் செறிவுள்ள ஊட்டப் பொருள்களின் பெருக்கினாலோ அல்லது வேறு காரணங்களினாலோ, கீழ்ப்பகுதி மேற்பகுதியை விட விரைவாக வளர்ந்து நீளும். தண்டின் உட்பகுதியின் நீளும் போக்கு வெளிப் பக்கத்தில் புறத் தோலின் எதிர்ப்பினால் அடக்கப்படுகிறது என்பதை நாம் ஏற்கனவே அறிவோம். ஆனால் கிடை மட்டமாக இருக்கும் தண்டில் உட்பகுதியின் கீழ்ப் பாதி அதிக விரைவாக வளர்ந்து, அதே சமயம் புறத் தோலைச் சமமில்லாமல் நீளச் செய்யும். அதாவது, கீழ்ப் பக்கத்தில் உள்ள கிட்டப் பகுதியை, மேல் பக்கத்தில் உள்ள தூரப் பகுதியைக் காட்டிலும், வலிவாக நீட்டும்.[1] மேலும் கீழ்ப் புறத் தோலை, மேற் புறத் தோலை

[1] நீளும் செயலுக்குப் புறத் தோலின் மேற்பகுதி அளிக்கும் எதிர்ப்பு அதிக பலமாக இருக்கும் என்பது கூறாமலே விளங்கும். ஏனென்றால் மேற்பகுதி ஒரு வகையில் நெம்புகோலின் நீண்ட புயத்தின் மீது செயல்படுகிறது. கீழ்ப் பகுதியோ குட்டைப் புயத்தின் மீது செயல்படுகிறது (படம் 55—II, c').

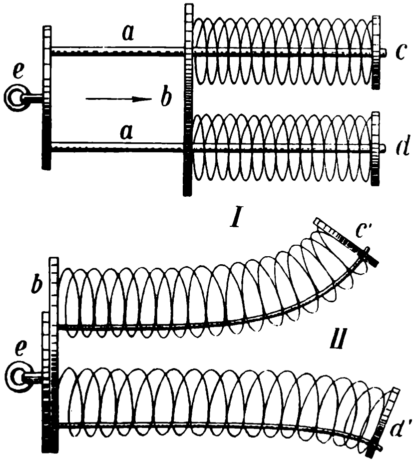
விட விரைவாக வளரும். எனவே இது நீட்சிக்கு அதிக எளிதாக இணங்கிக் கொடுக்கும். கிடக்கும் தண்டில் மேல் நோக்கித் திரும்பும் வளைவு மிக விரைவாக வளரும் பகுதியில் தான் நிகழ்கிறது என்ற விஷயம் இவ்வுண்மையை வலியுறுத்து கிறது. வளர்ச்சி ஏற்கனவே நின்றுவிட்ட பகுதிகளில் இம்மாதிரி நிகழ்ச்சி நடக்க முடியாது. எனவே தண்டைக் கிடை மட்டமாக வைக்கும் பொழுது நாம் அதில் அசமமான, சமச்சீரற்ற வளர்ச்சியைத் தோற்றுவிக்கிறோம். இதனால் கீழ்ப் பகுதி மேல் பகுதியை விட விரைவாக வளர்கிறது; தண்டு தானாகவே வளைந்து மேல் எழும்புகிறது. ஆனால் இவ்விதமான வாதம் போதிய நம்பிக்கை ஊட்டாதது போலத் தோன்றலாம். அவ்வாறாயின், இதை நேரடியான பரிசோதனை மூலம் உறுதிப்படுத்த முடியும். நாம் இப்பொழுது ஒரே மாதிரியான இரண்டு தண்டுகளை எடுத்துக்கொள்வோம். இவற்றில் ஒன்றைச் செங்குத்தாக வளர விடுவோம். மற்றொன்றை, வளை வதற்கு இடமில்லாதபடி கண்ணாடிக் குழாயினுள் புகுத்திக் கிடை மட்டமாக வளரச் செய்வோம். குறித்த நேரம் சென்ற பின்பு, கிடை மட்டமாக உள்ள தண்டை மேல் பகுதி கீழ்ப் பகுதி என்று இரு பாதிகளாக வகிர்ந்து விடுவோம். இவ்வாறு நாம் வகிர்ந்தவுடனேயே மேற்பகுதி குறுகும், கீழ்ப்பகுதி நீளும். இப்பொழுது இவற்றைச் செங்குத்தாக வளரும் தண்டுடன் ஒப்பிட்டால், எதிர்பார்க்கக் கூடியதுபோல வே, அதன் மேல் பாதியை விட, கிடை மட்டத் தண்டின் மேல் பாதி குட்டையாக இருப்பதையும், அதன் கீழ்ப் பாதியை விடக் கிடை மட்டத் தண்டின் கீழ்ப் பாதி நீளமாக இருப்ப தையும் காண்போம். கிடை மட்டத் தண்டில் நிகழ்வதே ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் சாய்ந்துள்ள தண்டிலும் நிகழ லாம். ஒரு தண்டு செங்குத்து நிலையிலிருந்து சாய்ந்ததுமே புவி ஈர்ப்புச் சக்தி தண்டின் கீழ்ப் புறத்தைத் தீவிர வளர்ச்சி அடையச் செய்து, அதைச் செங்குத்து நிலைக்கு மறுபடியும் கொண்டுவந்து விடுகிறது.

புவி ஈர்ப்புச் சக்தியின் காரணமாக, தண்டு ஏன் அந்தச் சக்தியின் திசைக்கு எதிரான திசையில் வளைகிறது என்பது இப்போது நமக்குப் புரிகிறது. ஆனால் ஒரு வினா எழுகிறது: இதே செயல் ஏன் வேரில் நடைபெறுவதில்லை? இந்த

நிகழ்ச்சியை அதிகக் கவனமாக ஆராய்ந்ததன் விளைவாக நமது கேள்வி மாறிவிட்டது என்பதை இப்பொழுது உணர்கிறோம். வேர் புவி ஈர்ப்புச் சக்தியின் திசையில் வளருவது முற்றிலும் இயல்பானது, புரியக்கூடியது என்றும் தண்டு இதற்கு எதிர்த் திசையில் வளருவது புரியக்கூடாதது என்றும் முதலில் எண்ணினோம். ஆனால் தற்பொழுதோ தண்டு ஏன் அவ்வாறு வளருகிறது என்பது நமக்குப் புரிகிறது, வேர் ஏன் வேறு விதமாக வளர்கிறது என்பதைப் புரிந்துகொள்வது கடினமாயிருக்கிறது. முரண்பாடு போலத் தோற்றமளிக்கும் இவ்விஷயத்தை விளக்கப் பின்வரும் மாதிரியை ஆராய்வோம். இரண்டு மர வட்டுகள்(படம் 55—I, c,d) சுருள்கம்பிகளின் உதவியால் குறுக்குச் சட்டம் (b) ஒன்றுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன என்று கற்பனை செய்து கொள்வோம். வளையும் தன்மையுள்ள இரண்டு ரப்பர் தடிகள் (a, a) குறுக்குச் சட்டத்தில் உள்ள துளைகள் வழியாகச் செருகப்பட்டுள்ளன. இந்த ரப்பர் தடிகள் குறுக்காக உள்ள பிடி (e) ஒன்றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றின் முனைகள் c,d என்ற வட்டுக்களின் மையங்களை அழுத்துகின்றன. இந்தத் தடிகளை அம்புக் குறியிடப்பட்டுள்ள திசையில் தள்ளினால், புரிகளின் சுருள்களை நாம் பிரித்து, இரு சுருள் கம்பிகளையும் விறைத்த நிலைக்குக் கொண்டுவருவோம். நமது படத்தில் உள்ள ரப்பர் தடிகள் உறுப்புக்களின் விரைவாக வளரும் அச்சுப் பகுதிகளைக் குறிக்கின்றன. இறுக்கப்பட்ட சுருள்கள், மெதுவாக வளர்பவையும் உள்பகுதிகளின் வளர்ச்சியால் நீட்டப்படுபவையும் ஆன இந்த உறுப்புக்களின் வெளித் திசுக்களைக் குறிக்கின்றன. இந்த இயக்கம் சமச்சீரான வளர்ச்சியையும், அதனால் ஏற்படும் திசுக்களின் பிகுவையும் காட்டுகிறது. புவி ஈர்ப்புச் சக்தி தோற்றுவிப்பது போன்ற சமச்சீரற்ற வளர்ச்சியை இதே மாதிரியின் உதவியால் விளக்க இப்பொழுது முயற்சி செய்வோம்; இதில் தாவர உறுப்பின் கீழ்ப் பகுதி அதிக விரைவாக வளருகிறது. இவ்வித ஒழுங்கற்ற வளர்ச்சியை விளக்கிக் காட்ட, ரப்பர் தடிகளின் முனைகள், மர வட்டுக்களின் மையங்களில் அன்றி, அவற்றின் கீழ் விளிம்புகளுக்கு அருகில் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும்படியாக நாம் வைக்க வேண்டும் (படம் 55—II). முன்போல் பிடியைத் தள்ளும் பொழுது முற்றிலும் வேறு

விளைவை நாம் காண்கிறோம். கீழ்ச் சுருள்கம்பியின் புரி கிட்டத்தட்ட நேர் கோட்டில் நீளுகிறது. அல்லது தன் எடை காரணமாக சற்று கீழாகச் சரியக்கூடச் செய்கிறது (d'), மேல் சுருள்கம்பியின் புரி ஓரளவு சட்டென்று மேல் நோக்கி வளை கிறது(c'). இம்முடிவிற்குக் காரணம் மாதிரியின் அமைப்பாகும். வெவ்வேறு மீள்விசையுள்ள சுருள் கம்பிகள் வேண்டு மென்றே எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டன: மேலே உள்ளது சற்று தடிப்பான கம்பி உடையது, இது தடியின் இயக்கத்திற்கு அதிகமான தடையை ஏற்படுத்துகிறது; கீழே உள்ளது மெல் லிய கம்பி கொண்டது, இது குறைந்த தடையை ஏற்படுத்து கிறது. அசமமான, சமச்சீரற்ற அழுத்தம், உறுப்புக்களுக் கிடையே பரஸ்பர விறைப்புத் தன்மை இருந்தால்தான், ஒரு வளைவாக வெளிப்படுகிறது என்று இதிலிருந்து முடிவு செய் கிறோம். இதே விஷயம் வளர்ச்சிக்கும் பொருந்தும். திசுக் களின் பரஸ்பர விறைப்புத் தன்மை காரணமாக ஒரு உறுப்பு ஓரளவிற்கு பிகுவைப் பெற்றிருந்தால்தான், அதன் அசம மான, சமச்சீரற்ற வளர்ச்சியைத் தொடர்ந்து, துலக்கமான திடீர் வளைவு நிகழும். ஆனால் தண்டில் நாம் கண்டது போன்ற திசுக்களின் விறைப்புத் தன்மை வளரும் இளம் வேரில் உண் மையில் காணப்படுகிறதா? இம்மாதிரி வேரை ஒரு பார்வை பார்த்தாலே அதற்குள் இந்த விறைப்புத் தன்மை இல்லை யென்பது தெரிய வரும். தண்டு ஒன்றைக் கிடை மட்டமாகப் பிடித்தால், அது வளையாது, அல்லது துவண்டு தொங்காது. ஆனால் இதே நிலையில் வேரைப் பிடித்தால், அது வாடிய தண்டு போன்று துவண்டு தொங்கும். மேலும் வேர், தண்டு ஆகியவற்றின் புறத்தோலின் கட்டமைப்பை நாம் பார்த் தால், நீண்ட காலமாக உடலமைப்பியல் அறிஞர்களைக் கவர்ந்த இன்னொரு வேறுபாட்டை அதில் நாம் காணலாம். தண்டின் புறத்தோல் தடிப்பான சுவர்கள் கொண்ட உயிரணுக் களால் ஆனது. தவிர, நீரால் நனைப்பதற்குக் கடினமானதும் மிகுந்த மீள்விசை கொண்டதுமான விசேஷமான சவ்வினால் அது மூடப்பட்டிருக்கிறது. மாறாக வேரின் புறத்தோல் மெல்லிய சுவர்கள் கொண்ட உயிரணுக்களால் ஆனது. இது சுலபமாகத் தண்ணீரை உட்கொள்கிறது, எனவே தண்டின் புறத்தோலைவிட இது அதிக எளிதில் நீளக் கூடியது, மீள்விசை

குறைந்தது. இப்பொழுது தண்டைக் கொண்டு செய்தது போன்ற நேரடியான பரிசோதனையை வேரில் செய்தால், இதில் தண்டில் உள்ளது போன்ற விறைப்பு இல்லை என்பதைக் காண்போம். ஒரு துண்டு வேரை (54 —r ல் உள்ள தண்டைப் போல்) நீளப் போக்கில் இரண்டாக வகிர்ந்தால் இந்தப் பாதிகளில் வளைவுகள் காணப்பட மாட்டா. வேர் மூன்று பகுதிகளாக வெட்டப்பட்டால் (படம் 54 —s) நடுப் பகுதியும் நீளாது, வெளிப் பகுதிகளும் குறுகா. சுருங்கக்



படம் 55

கூறின், தண்டுக்கு இயல்பான திசுக்களின் விறைப்புத் தன்மை வேரில் இல்லை. வேரின் வெளிப் பகுதிகளும் உட்பகுதிகளும் ஒரே மாதிரி விரைவாக வளருகின்றன. வேரின் மற்றொரு பண்பும் இதை எடுத்துக் காட்டுகிறது. இளம் வேர் சாதாரணமாகத் தண்டை விட மிக விரைவாக நீளுகிறது. இதனால் தான் அதில் எவ்வித விறைப்பும் காணப்படுவதில்லை. விறைப்பு என்பது கட்டுப்படுத்தப்பட்ட வளர்ச்சி தவிர வேறல்ல.

எனவே, வளரும் வேரின் முனையை புவி ஈர்ப்புச் சக்தி மேல் நோக்கி திரும்புமாறு செய்வதில்லை என்றால் அதற்கு ஒரு காரணம், இந்தச் செயலுக்குத் தேவையான இயந்திர

நிலைமை வேரில் இல்லாததுதான். அதாவது அதில் பொருத்தமான திசுக்களின் விறைப்புத் தன்மை இல்லை. இரண்டு உறுப்புக்களின் கட்டமைப்பில் வேறுபாடு மட்டும் இருந்தால், புவி ஈர்ப்புச் சக்தியின் ஒரே மாதிரிச் செயல் முற்றிலும் எதிர் எதிரான விளைவுகளை உண்டாக்க முடியும் என்று நமது மாதிரி காட்டுகிறது. உடலியல் விவரங்களைப் பற்றி விவாதிக்கும் பொழுதெல்லாம்,இதை நாம் எப்போதும் நினைவில் வைத்துக் கொள்வது நலம். ஒரே வெளிக் காரணி வெவ்வேறு உறுப்புக்களில் வெவ்வேறு விளைவுகளை ஏற்படுத்தினல், உறுப்புக்களின் பண்புகளில் வேறுபாடுகள் உள்ளன அல்லது காரணியே சிக்கல் நிறைந்தது என்பதை நாம் ஒப்புக்கொள்ள வேண்டும். புவி ஈர்ப்புச் சக்தியைப் பொறுத்த மட்டிலும், இந்த இரண்டாவது அனுமானம் அசாத்தியமானது. ஆனல் திசுக்களின் விறைப்புத் தன்மையில் உள்ள வேறுபாடு தண்டு, வேர் இரண்டின் பண்புகளுக்கும் இடையே சாத்தியமான ஒரே வேறுபாடு அல்லவே அல்ல.

கிடை மட்டமாக உள்ள வேரின் கீழ்ப்பகுதி, தண்டில் நிகழ்வதுபோல், மேல் பகுதியை விட விரைவாக வளருகிறது என்றும், இவ்வாறு இருந்தும் கூட, தன் எடை காரணமாக, (படம் 55—II) d' சுருள் கம்பியைப் போல, அது செயலின்றிக் கீழ் நோக்கி வளைகிறது என்றும் நாம் நிரூபிக்க முடிந்தால் நமது விளக்கம் முற்றிலும் திருப்தி அளிப்பதாக அமையும். சில பரிசோதனைகள் இதை நிரூபிப்பது போன்று இருந்தன. ஆனல் அவற்றைப் பற்றிச் சந்தேகங்கள் கிளம்பியுள்ளன. ஏனென்றல், இவற்றிலிருந்து முற்றிலும் முரண்படும் விளைவுகள் பின்னர் கிட்டியுள்ளன. எனவே புவி ஈர்ப்புச் சக்தி வேரின் மீது செயல்படும் முறை இன்னும் விவாதத்திற்குரிய பிரச்சினையாகவே கருதப்பட வேண்டும்.[1] இந்தப் பிரச்சினை

---

[1] உதாரணமாக, பாதரசத்தில் வேர் முனையின் வளர்ச்சி பற்றித் தாவரவியல் அறிஞர்கள் கூறுவது எதையும் நிரூபிக்கவில்லை. ஏனெனில் இந்தப் பரிசோதனைகளில் இரு நிகழ்ச்சிகள் குழப்பப்பட்டுள்ளன: ஒன்று **வளர்ச்சி** (நீளத்தில் உறுப்பு முழுவதும் வளர்வது), மற்றென்று **வளைவு** (வளையும் பகுதியின் மேல், கீழ் பகுதிகளின் வளர்ச்சியில் உள்ள **வேறு பாட்டை** மட்டுமே பொறுத்தது). வேர் அழுத்துவது முதன்

கணிசமாகச் சிக்கலுள்ளது ஆகிறது என்பதையும், இந்த நிகழ்ச்சியை விளக்குவதற்கு முழு உறுப்புக்கள் அல்லது அவற்றை உருவாக்கும் திசுக்கள் ஆகியவற்றின் கட்டமைப்பை மட்டுமே அல்ல, இந்தத் திசுக்களை உருவாக்கும் உயிரணுக் களின் கட்டமைப்பு பற்றிய விவரங்களையும் நாம் கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும் என்பதையும் மேலே நாம் காண்போம்.

* * *

வேறு எந்த வெளிச் சூழ்நிலைகள் வளர்ச்சியைப் பாதிக் கின்றன என்று இப்பொழுது பார்ப்போம். தண்டு, வேர் இவற்றின் இயல்பான, செங்குத்தான வளர்ச்சியைத் தீர்மானிக்கும் காரணங்களைத் தேடுகையில், இந்த வளர்ச்சி ஒளியைப் பொறுத்ததல்ல என்று நாம் நிரூபித்தோம். மேலும், ஒளியே இல்லாமல் இருந்தாலும், வளர்ச்சி நிகழும் என்பதைக் கண்டோம்: உருளைக் கிழங்கும், முள்ளங்கியும் நிலவறைகளின் முழு இருட்டில் நீண்ட முளைகள் விடுகின்றன. இதை எந்த விதமான விதை, அல்லது முளையைக் கொண்டும் நிரூபிக்கலாம்: அவை யாவும் இருட்டில் வளரும்.

ஒளி வளர்ச்சியைப் பாதிப்பதில்லை என்று இவற்றி லிருந்து நாம் முடிவு கட்டுவது சரியாகுமா? ஆகவே ஆகாது. இந்தப் பாதிப்பு எவ்வளவு முக்கியமானது என்று சாதாரணப் பரிசோதனை ஒன்று காட்டும். ஒரே மாதிரியான மண் உள்ள இரு தொட்டிகளில் கிரெஸ் விதைகளை முளைக்க விடுவோம். இவற்றில் ஒரு தொட்டியை இருட்டிலும், மற்றொன்றை வெளிச்சத்திலும் வைப்போம். இரண்டுக்கும் உள்ள வேறு பாடு தெரிய நீண்ட காலம் பிடிக்காது. இருட்டில் வளர்ந்த கிரெஸ் வெளிச்சத்தில் வளர்ந்ததை விட, சில வேளைகளில்

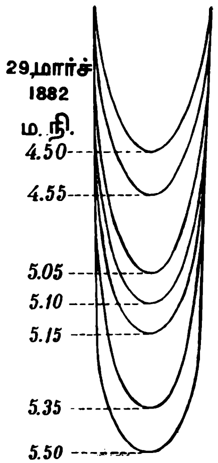
மையாக வளர்வதன் காரணமாகவே ஆகும். அது ஏற்படுத் தும் அழுத்தத்திற்கும், அதன் எடைக்கும் எவ்விதத் தொடர் பும் இல்லை என்பது தெளிவு. ரப்பர் தடியால் (படம்55 —II,d') அதன் எடையுடன் எவ்விதத் தொடர்பும் அற்ற ஒரு பொருளை நான் இடத்திலிருந்து நகர்த்த முடியலாம், ஆனல் ரப்பர் தடி செயலின்றிக் கீழ்நோக்கி வளைவதை இந்த விஷயம் சிறிதும் தடுக்காது. வேரின் விஷயமும் அப்படியே.

பத்து மடங்கு நீளமாக இருக்கும். ஆனால் அதன் தண்டுகள் மெல்லியவையாகவும், ஆரோக்கியமின்றியும் இருக்கும். அவற்றில் பல துவண்டு விழுந்து கொண்டிருக்கும். வெளிச்சத்தில் வளர்ந்த கிரெஸ் தண்டுகள் குட்டையாக இருப்பினும் ஆரோக்கியமும் தடிப்பும் பிகுவும் கொண்டிருக்கும். தண்டின் வளர்ச்சி அல்லது அதன் நீட்சியின்மீது ஒளி பாதிப்பு விளைக்காமல் இல்லை என்று இதிலிருந்து தெரிகிறது. ஆனால் ஒளியின் செயல் நீளப் போக்கான வளர்ச்சியை விரைவுபடுத்துவதோ, அதற்கு அனுகூலமாயிருப்பதோ அல்ல. மாறாக இது அதைத் தடைப்படுத்துவது ஆகும். ஒளியின் பாதிப்பு வளர்ச்சியைத் தாமதப்படுத்துவதுடன் மட்டும் நின்று விடுவதில்லை. ஒரு பக்கம் மட்டுமே ஒளி பெறும் தாவரம் ஒன்று நமது அறையில் இருந்தால், அதன் வளரும் இளம் தண்டு வளைந்து, நாம் வழக்கமாகச் சொல்லுவதுபோல ஒளி வரும் திசையை நோக்கித் திரும்புவதைக் காண்போம். சூரிய கிரணங்களுக்குக் கவர்ச்சிச் சக்தி இருப்பதாகச் சொல்ல நமக்கு உரிமை இல்லை என்பது வெளிப்படை. இது போன்ற பயனற்ற அனுமானத்தை நாம் கையாள வேண்டிய அவசியமும் இல்லை. மேலே நாம் கூறிய இரண்டு பரிசோதனைகளை ஒப்பிடுவதன் மூலம், தண்டு ஒளியை நோக்கித் திரும்புதல் என்ற நிகழ்ச்சிக்குரிய விளக்கத்தை நாம் பெறலாம். ஒளி தண்டின் வளர்ச்சியைத் தாமதப்படுத்துகிறது. ஆனால் ஒரு பக்கமாக ஒளி பட்டால், அது தண்டின் இரு புறங்களிலும் ஒரே விளைவு ஏற்படுத்தும் வகையில் செயல் புரியாது. முன்பகுதி ஒளி முழுவதையும் பெறும். பின்பகுதி எப்போதும் நிழலில் இருக்கும். விளைவாக முன் பகுதி பின் பகுதியை விடச் சற்று மெதுவாகத்தான் வளரும். இதனால் ஒளியை நோக்கித் திரும்புதல் நேரும். சுருங்கக் கூறின், ஈர்ப்புச் சக்தியின் செயலுக்கு எதிரான நிகழ்ச்சி ஒன்றை நாம் இங்கு காண்கிறோம். பூமியின் மையத்தை நோக்கித் திரும்பியுள்ள பகுதியில் ஈர்ப்புச் சக்தி வளர்ச்சியை **விரைவுபடுத்துகிறது**. தண்டு அதிலிருந்து **விலகிச் செல்கிறது**, ஒளி தன் மூலத்தை நோக்கியுள்ள பகுதிகளில் வளர்ச்சியைத் **தாமதப்படுத்துகிறது**. தண்டு அதை நோக்கித் **திரும்புகிறது**. இந்நிகழ்ச்சி **ஒளித் திருப்பம்** என அழைக்கப்படுகிறது.

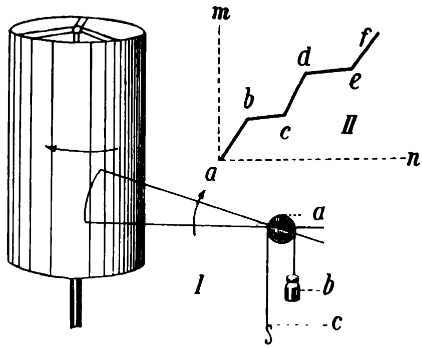
ஒளி தண்டின் வளர்ச்சியைத் தடைப்படுத்துமானல், தாவரங்கள் முதன்மையாக இரவில்தான் வளருகின்றன என்று இதிலிருந்து முடிவு கட்டலாகாதா? இவ்விஞ பல தடவை எழுந்தது. இதற்குப் பல வழிகளில் விடை அளிக்கப்பட்டது. இந்த முரண்பாடுகள் நம்மைத் திகைப்பில் ஆழ்த்தக் கூடாது. ஏனென்றல் இந்தக் கேள்வி மிகச் சிக்கலானது. இது போன்று மிகக் குறுகிய கால இடைவெளியில் வளர்ச்சியை அவதானிப்பதற்கு மிகவும் நுணுக்கமான ஆராய்ச்சி முறைகள் தேவை. இவற்றை விஞ்ஞான உலகம் மிக அண்மையில் தான் பெற்றுள்ளது. உண்மையில் சில அபூர்வமான தாவரங்களில் தவிர[1] மற்றவற்றில் பத்து, பன்னிரண்டு மணி நேரத்திற்குள்ளாக ஏற்படும் நீள வளர்ச்சி எளிதாக அவதானிக்கும் அளவுக்குக் கணிசமானது அல்ல. நமது உணர் உறுப்புக்கள் திறன் பற்றுதவையாகக் காணப்பட்ட இடத்தில் பரிசோதனை முறைகள் நம் உதவிக்கு வந்திராவிட்டால் இந்த வளர்ச்சியை நாம் கண்டிருப்பது அரிதே. வளர்ச்சியில் நிகழும் நீள அதிகரிப்பு மிக அற்பமானது, ஆகையால் நேரடி அவதானிக்கைக்குப் புலப்படாமல் நழுவி விடுகிறது. இந்த அதிகரிப்பைக் காட்டுவதற்கு விஞ்ஞானத்திடம் உள்ள முறைகள் என்ன என்பதைத் தெரிந்துகொள்வோம். இதற்காக நாம் உருப்பெருக்கியைக் கையாளலாம், அதாவது நாம் காணும் பொருளைப் பல மடங்கு பெரிதாக்கிப் பார்க்கலாம். அல்லது நாம் வேறொரு முறையைக் கையாளலாம். இம்முறையில் தாவரம் பெரிதாகத் தெரியாது, வளர்ச்சி என்னும் இயக்கம் மட்டும் பெரிதாகக் காட்டப்படும். இதற்குப் பயன்படக் கூடிய கருவி ''சூரிய உருப்பெருக்கி''. இக்கருவியில் சூரிய ஒளி, அல்லது வேறு வகையான போதிய சக்தி வாய்ந்த செயற்கை ஒளியின் மூலம் பொருளின் பிம்பத்தைப் பல

[1] உதாரணமாக மூங்கில் முளைகளும் முந்திய விரிவுரை ஒன்றில் நாம் குறிப்பிட்ட அகவே கற்றுழையின் பூத்தண்டுகளும் இத்தகையவை. இருபத்து நான்கு மணி நேரத்தில் இவை பல அங்குலங்கள் வளர்ந்துவிடுகின்றன. வீட்டு மீன் காட்சிசாலைப் பிரியர்கள் எல்லோருக்கும் தெரிந்த வாலிஸ் நேரியாப் பூண்டின் திருகல் பூக் காம்புகளும் இம்மாதிரியானவையே (VIIIம் விரிவுரையைக் காணவும்).

மடங்கு பெரிதாகத் திரையில் விழச் செய்ய முடியும். நமது பரிசோதனையில் முளை விடும் கிரெஸ்ஸின் வேர் முனையை எடுத்துக்கொள்வோம். வேர் முனையின் பிம்பம் திரைமீது விழுந்ததும் இதன் எல்லையைக் காட்டும் கோட்டைத் திரையில் பென்சிலால் வரைந்து கொள்வோம். இப்பொழுது வேரை வளர விடுவோம் (தண்ணீரில்). இவ்விரிவுரையின் முடிவில் வேரை மறுபடி கவனித்தால் இந்த இடை நேரத்தில்



படம் 56



படம் 57

அது கணிசமாக வளர்ந்துள்ளது என்பதைக் காணலாம். ஒரு மணி நேரம் ஐந்து, பத்து நிமிடங்களுக்கு ஒரு முறை அவதானிக்கப்பட்ட கோதுமைச் செடியின் வேரின் அடுத்தடுத்த நிழல் வரையுருக்களைக் காட்டும் படம் ஒன்றை (படம் 56) இப்போது பார்ப்போம்.[1] இந்த முறை, இங்கு காட்டப்பட்ட உதாரணத்தால் தெரிவதுபோல, மிகத்

[1] திரைக்காட்சி விளக்குடன் பொருத்தப்பட்ட உருப் பெருக்கியின் உதவியால் திரையில் ஏற்படுத்தப்பட்ட கோதுமை வேரின் அடுத்தடுத்த எல்லைக்குறிகளைப் படம் 56 காட்டுகிறது.

துல்லியமானது. ஆயினும், இம்முறை கொண்டு, பெரிய உறுப்புக்கள் அல்லது தாவரம் முழுவதிலும் ஏற்படும் வளர்ச்சியை ஆராய்வது கடினம். இவ்விதச் சந்தர்ப்பங்களில், நாம் இரண்டாவது முறையைக் கையாள வேண்டும். இம்முறையில் வளரும் பகுதியையே பெரிதாக்கிக் காட்டுவதற்குப் பதிலாக, வளரும் பகுதிகளின் இயக்கத்தை மட்டுமே பெரிதாக்கிக் காட்டுகிறோம். இதற்காக நாம் ஒரு உபகரணத்தைப் பயன்படுத்துகிறோம். இதில் முக்கியமாக, கப்பி ஒன்றின் அச்சுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள சுட்டு முள் ஒன்று உள்ளது (படம்57—I,*a*). கப்பியின் வழியாகப் பட்டு நூல் ஒன்று செல்லுகிறது. இதன் ஒரு முனையில் எடைப் படி (*b*) கட்டித் தொங்க விடப்பட்டுள்ளது. மற்றொரு முனையில் மெல்லிய கம்பியால் ஆன சிறு கொக்கி (*c*) ஒன்று உள்ளது. கொக்கியை வளரும் தண்டின் உச்சியில் மாட்டி (தண்டில் ஏற்படும் சிறு காயம் எந்த விதமான அபாயமும் தராது), கப்பியின் மறுபுறம் வழியாக எடை தாராளமாகத் தொங்கிப் பட்டு நூலை இழுக்கும்படி விடுவோம். இப்பொழுது, தண்டு சற்று வளர்ந்துள்ளது என்று வைத்துக்கொள்வோம். இதன் விளைவு என்னவாகும்? வளரும்பொழுது தண்டு நூலைச் சற்று தளர்த்தும். இதனால் தண்டு வளர்ந்த அளவிற்கு எடை கீழே இறங்கும். அதே சமயம் கப்பிமீது நெருக்கமாகப் படிந்துள்ள நூல் அதன் மேல் ஏற்படுத்தும் உராய்வினால் அதே அற்ப அளவுக்குக் கப்பியைத் திருப்பும். கப்பியோடு கூடவே சுட்டு முள்ளும் திரும்பும். ஆனால் முள்ளின் முனை இயல்பாகவே மிக அதிகத் தூரம் நகரும். இவ்வாறு, வளரும் தண்டின் உச்சியில் ஏற்படும் புலப்படாத அசைவு, சுட்டு முள்ளின் முனையில் மிகக் கணிசமான அசைவை ஏற்படுத்தும். சுட்டு முள்ளின் நீளம் கப்பியின் அரை விட்டத்தைப் போன்று எத்தனை மடங்கு அதிகமோ, முள் முனையின் அசைவு தண்டின் அசைவைப்போல அத்தனை மடங்கு அதிகமாயிருக்கும். நமது உபகரணத்தில், கப்பியின் அரை விட்டம் இரண்டு மில்லிமீட்டர், சுட்டு முள்ளின் நீளம் இருபது சென்டிமீட்டர், அதாவது நூறு மடங்கு அதிகமானது. எனவே தண்டின் நீளத்தில் ஏற்படும் ஒவ்வொரு அதிகரிப்பும் முள் முனையின் நூறு மடங்கு அதிகமான அசைவினால் காட்டப்படும்.

இந்த உபகரணம் எவ்வளவு சௌகரியமானது என்பது வெளிப்படை. சுட்டு முள்ளுக்குப் பின்பாக, கடிகாரத்தில் உள்ளது போன்ற அளவீடுகள் குறிக்கப்பட்டுள்ள வட்ட வடிவமான ஸ்கேல் ஒன்றை நாம் இணைக்கலாம். இதிலிருந்து முள் அவ்வப்பொழுது காட்டும் அளவீடுகளைக் குறித்துக் கொள்ளலாம். ஆனால் இவற்றை எல்லாவற்றையும் விடச் சிறப்பான செயல் ஒன்றை நாம் செய்யலாம்: இந்த உபகரணத்தைத் தானாக இயங்கும் கருவியாக மாற்றலாம். தாவரம் ஒரு நாளின் வெவ்வேறு மணிகளில் தனது வளர்ச்சியைத் தானாகவே பதிவிக்கும்படி செய்யலாம். இதற்காக, சுட்டுமுள்ளின் முனையைக் கடிகார இயந்திரத்தால் இயக்கப்படும் அச்சு உள்ள சிலிண்டர் ஒன்றில் படும்படியாக வைப்போம். இது இருபத்து நான்கு மணி நேரத்தில் அம்புக் குறியிட்ட திசையில், ஒரு தடவை சுற்றுகிறது. சுட்டுமுள் தெளிவான கோடு போட வேண்டும் என்பதற்காக சிலிண்டரின் மேற்பரப்பைப் புகைக்கரிப் படிவால் கறுப்பாக்குவது சௌகரியமாயிருக்கும். முள்ளைவிட சிலிண்டர் மிக வேகமாக இயங்கினால் அதன் மீது அனேகமாகக் கிடை மட்டமான கோடு பதியும் (படம் 57—II an). அதே சமயத்தில், சிலிண்டர் சுழலுவதை விடச் சுட்டுமுள் மிக வேகமாக இயங்கினால், அது அனேகமாகச் செங்குத்துக் கோடு ஒன்றைப் போடும்(am). சுட்டுமுள் சுமாரான வேகத்தில் இயங்கினால், அது சாய் கோட்டைப் போடும். கோட்டின் சாய்வு எந்த அளவிற்குச் செங்குத்தாக இருக்கிறதோ, முள்ளின் இயக்கம் அந்த அளவிற்கு விரைவாக இருந்திருக்கும். கோடு எவ்வளவு சாய்கிறதோ முள்ளின் இயக்கம் அவ்வளவு மெதுவாக இருந்திருக்கும். $a\ b\ c\ d\ e\ f$ ஆகிய கோட்டைக் காணும் பொழுது, தண்டு a யிலிருந்து bவரை விரைவாகவும் b யிலிருந்து c வரை மெதுவாகவும், இவ்வாறே மேலும் வளர்ந்திருப்பது தெரிகிறது. சிலிண்டர் எவ்வளவு நேரம் சுழன்று கொண்டிருந்தது என்பதை அறிந்து கொண்டால், நாளின் எந்த நேரத்தில் வளர்ச்சி விரைவாகவும் எந்த நேரத்தில் மெதுவாகவும் நடைபெறுகிறது என்று நாம் கூற முடியும். மேலும், இதன் மூலம் இந்த விரைவும் தாமதிப்பும் எந்தப் பாதிப்புக்களைப் பொறுத்திருக்கின்றன என்பதையும் கண்டுபிடிக்க முடியும். ஒரு வகையில் சொன்னால்

இங்கு தாவரம் தன் நினைவுக்குறிப்புக்களைத் தானே பதிவு செய்கிறது.

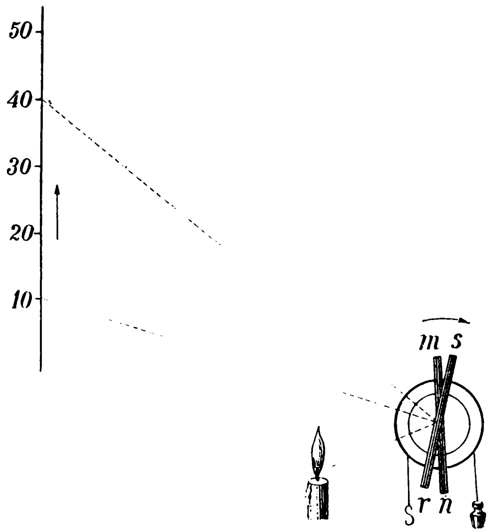
இந்த உபகரணம் காட்டும் குறிப்புக்களின் நுண்மை, சுட்டு முள்ளின் நீளத்தைப் பொறுத்துள்ளது. மிகவும் நீளமான சுட்டுமுள்ளைப் பயன்படுத்துவது பல விதங்களில் அசௌகரியமானது. எனவே, மிகக் குறுகிய காலத்தில், உதாரணமாக ஒரு நிமிடத்தில், நிகழும் வளர்ச்சியை அவதானிக்க, அல்லது, இந்தச் சந்தர்ப்பத்தில்போல, பெரிய கூட்டத்தினருக்கு இந்த வளர்ச்சி நிகழ்ச்சியைக் காட்ட வேறு முறையை நாம் கையாளுகிறோம். சுட்டு முள்ளுக்குப் பதிலாக நுண்ணிய ஒன்றை—ஒளிக்கதிரை—நாம் பயன்படுத்துகிறோம். இதைத் தொழில் நுட்ப அசௌகரியம் எதுவுமின்றி எவ்வளவு நீளத்திற்கு வேண்டுமானாலும், அதிகரிக்கலாம். இதற்கு நாம் கப்பியின் அச்சுடன் சுட்டு முள்ளுக்குப் பதிலாகக் கண்ணாடி ஒன்றை இணைக்க வேண்டும் (படம் 58—mn). கண்ணாடியின் முன் வைக்கப்பட்ட விளக்கு அல்லது மெழுகுவர்த்தியின் வெளிச்சம் பிரதிபலித்து, சுவர்மீது ஓரிடத்தில் பிரகாசமான புள்ளி ஒன்றை ஏற்படுத்துகிறது. பட்டு நூலின் நுனியில் உள்ள கொக்கி முன்போலவே தண்டின் உச்சியில் மாட்டப்படுகிறது. வளர்ச்சியில் ஏற்படும் மாறுதல் கப்பியிலும் அதனுடன் இணைக்கப்பட்ட கண்ணாடியிலும் மிக மிகச் சிறு சுற்றசைவு ஏற்படுத்தும். ஒவ்வொரு வளர்ச்சி அதிகரிப்பும் ஒளிப் புள்ளியைக் கணிசமான தூரம் இடம் பெயரச் செய்யும். சுட்டு முள் வளர்ச்சியின் அளவை நூறு மடங்கு பெரிதாக்கிக் காட்டினால், கண்ணாடி உபகரணம் அதைப் பல்லாயிரம் மடங்கு பெரிதாக்கிக் காட்டுகிறது. பொதுவாக, இங்கு நமக்குத் தேவைப்பட்ட அளவிற்கு இதைப் பெரிதாக்கிக்கொள்ளலாம். ஏனென்றால், இது கண்ணாடி சுவரிலிருந்து இருக்கும் தூரத்தைப் பொறுத்துள்ளது. ஒளிப் புள்ளியின் இடப் பெயர்வை அதிகச் சௌகரியமாகவும் அதிகத் துல்லியமாகவும் கண்டுகொள்ளும் பொருட்டுச் சுவர்மீது பெரிய அளவீடுகள் குறிக்கப்படுகின்றன. தற்பொழுது ஒளிப் புள்ளி இருக்கும் குறியைக் கவனித்துக்கொள்வோம்—அது சரியாக 10 என்ற எண்ணின்மேல் உள்ளது. இப்பொழுது

தாவரத்தை வளர விடுவோம் (அது சதாவரிச் செடியின் முளை). விரிவுரையின் முடிவில் அதை மறுபடி காண்போம்.

வளர்ச்சியை அவதானிக்க இதுபோன்ற சிறந்தமுறைகள் இருப்பதினுல், தாவரவியல் அறிஞர்கள் இந்த நிகழ்ச்சிகளை ஒட்டியுள்ள பல பிரச்சினைகளை ஆராய முடிகிறது. இரவு, பகல் ஆகியவற்றிற்கு ஏற்றபடி வளர்ச்சியில் ஏற்படும் ஏற்றத் தாழ்விற்குரிய காரணங்கள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன. இந்தப் பிரச்சினையைப் புரிந்துகொள்ள வேண்டுமென்ருல், வளர்ச்சியைப் பாதிப்பது ஒளி மட்டுமல்ல, ஈரமும் சிறப்பாக வெப்பமும் பாதிக்கின்றன என்பதைக் கருத்தில் கொள்வது அவசியமாயிருந்தது.

இருட்டில், நிலையான ஈரத்தில் தாவரத்தை வளர்த்து, உஷ்ண நிலையை மட்டும் மாற்றினுல், தாவரம் உயர்ந்த உஷ்ண நிலையில் விரைவாக வளருகிறது என்றும், குறைந்த உஷ்ண நிலையில் மெதுவாக வளருகிறது என்றும் தெரிகிறது. உஷ்ண நிலையை நாம் மாறி மாறி ஏறவும் இறங்கவும் செய்தால் பதிவு செய்யும் உபகரணத்தின் சுட்டுமுள் சிலிண்டரின் பரப்பின் மீது *abcdef* (படம் 57) போன்ற கோட்டைப் போடுவதை நாம் காண்போம். அதில் உள்ள அதிகச் செங்குத்துச் சாய்வுள்ள கோடு ஒவ்வொன்றும் அதிக வெப்பமான இடை நேரத்தையும், அதிகக் கிடை மட்டச் சாய்வுள்ள கோடு ஒவ்வொன்றும் அதிகக் குளிர்ச்சியான நேரத்தையும் காட்டுகிறது. இதிலிருந்து வெப்பம், ஒளிக்கு நேர்மாருகச் செயல் புரிகிறது என்பது தெரிகிறது. ஒளி வளர்ச்சியைத் தாமதப்படுத்துகிறது. மாருக வெப்பம் அதை விரைவுபடுத்துகிறது. இந்த விஷயம் தோட்டக்காரர்களுக்கு நீண்ட நாட்களாகவே தெரியும். தாவரங்களை முடுக்குவது, விரும்பும் கெடுவுக்குள் முதிரும் வகையில் அவற்றின் வளர்ச்சியை விரைவுபடுத்துவது அல்லது தாமதப்படுத்துவது இதன் அடிப்படையிலேயே அவர்களுக்குச் சாத்தியம் ஆகிறது. தாவரம் எந்த நேரத்தில் அதிகமாக வளருகிறது என்ற கேள்வி முதல் பார்வைக்குத் தோன்றியதுபோல அவ்வளவு எளியதல்ல என்பது இதனுல் தெரியவருகிறது. இரவில் இருட்டு இருக்கிறது, குளிர்ச்சியும் இருக்கிறது. பகலில் ஒளி இருக்கிறது, வெப்பமும் இருக்கிறது. குறித்த சந்தர்ப்பத்தில் இவ்விரு

பாதிப்புக்களில் எது மேலோங்கும் என்று முன்கூட்டிச் சொல்வது கடினம். ஒன்று மட்டுமே தெளிவாகப் புலப்படுகிறது: வளர்ச்சியின் தீவிரம் இருளும் வெதுவெதுப்பும் உள்ள இரவில் மிக அதிகமாகவும் பிரகாசமான, குளிர்ந்த பகலில் மிகக் குறைவாகவும் இருக்க வேண்டும்.



படம் 58

ஒளித் திருப்பம் என்னும் நிகழ்ச்சியை, அதாவது, தண்டுகள் ஒளியின் மூலத்தை நோக்கிச் சாய்வதை, ஈண்டு மிகவும் எளிய முறையில் விளக்கியுள்ளோம். ஆனால் இவ்விளக்கம் பலருக்குத் திருப்தி அளிக்கவில்லை. ஏனென்றால், ஒளியை நோக்கித் தாவரம் சாய்வது போன்று சில அபூர்வமான தாவரங்கள் ஒளியிலிருந்து விலகுகின்றன. அதாவது நேர் ஒளித்திருப்பம் இருப்பது போல், தாவரங்களில் அபூர்வமாக எதிர் ஒளித் திருப்பம் இருக்கிறது. இதனால், ஒளித் திருப்பத்திற்கு நாம் தந்துள்ள இந்த விளக்கத்தைப் பல தாவரவியல் அறிஞர்கள் கைவிடலாயினர். ஆனால் ஒரு பக்கம் சூடுபடுத்துதல், ஒளித் திருப்பத்தால் ஏற்படுபவையே போன்ற,

வெப்பத் திருப்பம் எனப்படும் நிகழ்ச்சிகளை விளைவிக்கிறது என்று அண்மையில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கிறது. மேற்குறித்த மறுப்பை இந்தக் கண்டுபிடிப்பின் ஆதாரத்துடன் தவிர்த்து விடலாம். வெப்பத் திருப்பத்தின் விளைவு, ஒளித் திருப்பத்தின் விளைவிற்கு நேர் எதிரிடையானது என்று தெரிகிறது. வெப்பம் வளர்ச்சியைத் துரிதப்படுத்துகிறது. ஆகையினால், உஷ்ணப்படுத்தப்பட்ட பகுதி விரைவாக வளரும்; அந்த உறுப்பு வெப்பத்தின் மூலத்திலிருந்து விலகும். ஆனால் சூரிய வெளிச்சம் ஒரே சமயத்தில் வெப்பமாகவும் ஒளியாகவும் செயலாற்றுகிறது. எனவே எந்தப் பாதிப்பு மேலோங்குகிறதோ அதற்கு ஏற்பத் தாவரம் ஒளியிலிருந்து விலகும், அல்லது அதை நோக்கிச் சாயும். ஒரே காரணி வெவ்வேறு விளைவுகளை ஏற்படுத்துவதற்குக் காரணம், உறுப்புக்களின் பண்புகளில் உள்ள வேறுபாடு அல்லது வெளிக்கு எளிதாகத் தோன்றும் அந்தக் காரணியின் சிக்கல் நிறைந்த தன்மை என்று நாம் கூறினோம். இந்த விஷயம் பிந்தியதிற்கு உதாரணமாக இருக்கிறது எனக் காண்கிறது.

வெளிப் பாதிப்புகள் மீது வளர்ச்சியின் சார்பு பற்றித் தாவரவியல் அறிஞர்கள் கொண்டிருந்த கருத்துக்கள், டார்வினுடைய மிகச் சிறந்த, எப்போதும்போல அவருக்கே உரிய ஆராய்ச்சிகளுக்குப் பிறகு கட்டாயமாக மிகவும் சிக்கல் நிறைந்தவை ஆயின. வெளிப் பாதிப்பு செயல்படும் பகுதியும், இந்தப் பாதிப்பின் விளைவு வெளிப்படும் பகுதியும் எப்போதும் ஒன்றாக இருக்காது என்று டார்வின் காட்டினார். உதாரணமாக, புவி ஈர்ப்பு சக்தி பிரதானமாக வேர் முனையில் செயல் படுவதாகத் தோன்றுகிறது. ஆனால் அதன் விளைவை வெளிப்படுத்துவது, வேர் முனையிலிருந்து சற்று தொலைவில் உள்ள, தீவிர வளர்ச்சி நிகழும் பகுதியில் உண்டாகும் புவித் திருப்ப வளைவு தான். இம்முடிவுக்கு வருவதற்குக் காரணம், முனைகள் வெட்டப்பட்ட சிறு வேர்கள் புதிய முனைகள் தோன்றும் வரை அனேகமாக ஒருபோதும் வளைவதில்லை என்பதுதான். தண்டுகளின் நடத்தை இதற்கு மாறாயிருக்கிறது. ஆனால் சில வகைச் செடிகளின் முளைக்குருத்துக்கள் இதே போன்ற நடத்தையை ஒளியைப் பொறுத்த மட்டிலும் காட்டுகின்றன. இந்த நிகழ்ச்சி வேரில் காணப்படுவது இல்லை.

உதாரணமாக ஓட்ஸ் முளைக்குருத்துக்களும், சிறப்பாகக் கானரிப் புற்களின் முளைக்குருத்துக்களும் நுனிகளில் வியப்பூட்டும் வகையில் ஒளிக்கு உணர்வுள்ளவையாக இருக்கின்றன. இவற்றை வெள்ளீயத்தாள் குல்லாய்களால் மூடினுல் இவற்றின் கீழ்ப் பகுதிகளில் வழக்கமாகக் காணப்படும் ஒளித் திருப்ப வளைவு கணிசமாகக் குறைந்து விடுகிறது.

இந்த விவரங்களைக் கொண்டு, சில தாவரவியல் அறிஞர்கள் வேர் முனையிலும் தானியங்களின் முளைக்குருத்து முனையிலும் சில தனிப்பட்ட உணர் உறுப்புக்கள் இருக்கின்றன என்றும், அவை தங்கள் பதிவுகளை யாருக்கும் தெரியாத ஒரு வழி மூலம், வளரும் பகுதிகளுக்கு அனுப்பி அவற்றை வளையச் செய்கின்றன என்றும் எண்ணலானுர்கள். ஆனுல் தாவரங்களில் இது போன்ற உணர் உறுப்புக்கள் அல்லது நரம்புகள் இருப்பதாகக் கருதுவதற்கு எந்த அடிப்படையும் இல்லவே இல்லை என்பதை நாம் உரிய தருணத்தில் காண்போம். இங்கு, போகிற போக்கில் ஒன்றை மட்டும் குறிப்பிடுவோம்: சாதாரண விளக்கங்கள் தவறு என்று நிரூபிக்கப்படாத வரையில், இது வரைக்கும் கூறிய விவரங்களுக்கு நாம் இந்த விளக்கத்தைத் தருவதற்கு எவ்விதக் காரணமும் இல்லை. எல்லா வகை விஞ்ஞான விளக்கத்துக்கும் உரிய இந்த நிபந்தனை நாம் தற்பொழுது ஆராய்ந்து கொண்டிருக்கும் விஷயத்தில் நிறைவேறவில்லை.

இதுகாறும் ஒளி, வெப்பம், புவி ஈர்ப்புச் சக்தி போன்ற முக்கியமான வெளிக் காரணிகளின் பாதிப்பைப் பொதுப் படையாகத் தெரிந்துகொண்டோம். இப்பொழுது, இந்நிகழ்ச்சியின் சாரத்தையே இன்னும் நுணுக்கமாக ஆராய்ந்து புரிந்துகொள்ள முயல்வோம். இது வரைக்கும் தாவரத்தை முழுமையாக எடுத்துக்கொண்டு ஆராய்ந்தோம். ஆனுல் தாவரத்தின் வாழ்க்கை என்பது, கணக்கற்ற உயிரணுக்களின் மொத்த வாழ்க்கையாகும். உயிரணுக்களின் வளர்ச்சிக்கும், தாவரத்தின் வளர்ச்சி என்ற பொது நிகழ்ச்சிக்கும் என்ன தொடர்பு இருக்கிறது என்று தற்பொழுது அறிந்துகொள்வோம். ஒவ்வொரு உயிரணுவும் தன் வாழ்நாளில் அளவில் பெரிதாகிறது, தன் தோற்றத்தையும் சுவர்களின் கட்டமைப்பையும் மாற்றிக்கொள்கிறது—சுருங்கக் கூறின் வளருகிறது

என்பதை நாம் அறிவோம். தாவரத்தின் அளவு எத்துணை பெரிதாக இருந்தாலும் சரி, அது ஒற்றை உயிரணுவாகத் தான் வாழ்க்கையைத் தொடங்குகிறது, பின்பு கோடிக்கணக் கான உயிரணுக்கள் கொண்டது ஆகிறது என்பதும் நமக்குத் தெரியும். இவற்றிலிருந்து, முழுத் தாவரத்தின் வாழ்க்கை இரண்டு நிகழ்ச்சிகளை அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளது என்று தெரிகிறது. அவையாவன: ஒன்று, தனிப்பட்ட உயிரணுக்களின் வளர்ச்சி, இரண்டு, அந்த உயிரணுக்களின் இனவிருத்தி.

* * *

தாவரத்தின் மொத்த வளர்ச்சிக்கு அடிப்படையாக உள்ள உயிரணுக்களின் வளர்ச்சி, இன விருத்தி ஆகியவற் றைப் பற்றித் தெரிந்து கொள்ளுதல் அவசியம். இதற்குத் தகுந்த பொருளை, வாழும் உயிரணுவை அதற்குச் சிறிதும் அல்லது தொந்தரை கொடுக்காமல் அவதானிக்கக் கூடிய உறுப்பு அல்லது அங்கஜீவி ஒன்றைத் தேர்ந்தெடுப்போம். இழை வடிவில் உள்ள பாசிகள் இது போன்ற தகுந்த பரிசோதனைப் பொருள்களாக அமைகின்றன. இப்பாசிகள் ''பசுமைப் பாசி கள்'' என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இந்தப் பச்சை இழைகளில் ஒன்றை உருப்பெருக்கி மூலம் நோக்கினால் அது உயிரணுக் களின் ஒற்றை நேர் வரிசை கொண்டது என்பதைக் காண்போம். படம் 59ல் இது போன்ற உயிரணு ஒன்று காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் தாவரங்களுக்குப் பச்சை நிறம் தருவதான, பச்சையம் என்று அழைக்கப்படும் பச்சை நிறப் பொருள் மிகவும் தனிப்பட்ட முறையில் பரவியுள்ளது. இங்கு அது பல் வைத்த விளிம்புகள் கொண்ட பச்சைப் பட்டை வடிவில் உயிரணுச் சுவரின் உள் பரப்பைச் சுற்றிப் புரியாகச் சுருண்டுள்ளது. எனவேதான் இதற்கு இலத்தீன் மொழி யில் புரிவளையம் எனப் பொருள்படும் (ஸ்பைரோகைரா என்னும்) பெயர் அளிக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த ஒரு சிறப்புப் பண்பு தவிர, ஸ்பைரோகைரா உயிரணு மற்றப் பண்பு களில் சாதாரண வகை உயிரணுவை ஒத்திருக்கிறது. சாதாரண உயிரணுவில் உள்ள செல்லுலோஸ் சுவரும், அதற்குள் புரோட்டோபிளாசமும் உயிரணுச் சாறும் இந்த

உயிரணுவில் காணப்படுகின்றன. அதன் நடுவில், கூட்டின் நடுவில் உள்ள சிலந்தியைப் போன்று, மிக மெல்லிய புரோட்டோபிளாச நார்களால் சுவருடன் இணைக்கப்பட்ட அணுக் கரு உள்ளது. இது போன்ற இழைப் பாசியை ஒரு துளி நீரில் உருப்பெருக்கியின் உதவி கொண்டு நாம் பல மணிகள், பல நாட்கள் கூட ஆராய முடியும். அவ்வாறு ஆராயும் பொழுது இதைப் பல்வேறு உஷ்ண நிலைகளுக்கும், ஒளி வேறுபாடுகளுக்கும் உட்படுத்த முடியும். இம்முறையில், ஒளி இல்லாத காலத்தில், இந்த உயிரணுக்கள் ஒளி இருக்கும் போதைவிட அதிக விரைவாக வளர்வதை, அல்லது சரியாகச் சொன்னால், நீள்வதைக் காணலாம். இதே போன்று, உயிரணுக்கள் பல்குவதையும் ஒளி தாமதப்படுத்துகிறது. என்னவாயினும் இயல்பான நிலைமைகளில் இச்செயல்முறை முக்கியமாக இரவில், சில சமயங்களில் இரவில் மட்டுமே, நடைபெறுகிறது. இதற்கு முன்பெல்லாம் ஆராய்ச்சியாளர்கள் மிகவும் பொறுமையுடன் இருக்க வேண்டியிருந்தது. ஒரே உயிரணுவை அவதானிப்பதற்கு அவர்கள் இரவில் நீண்ட நேரம் கண்விழிக்க வேண்டியிருந்தது. அல்லது ஆல்கஹாலில் மாதிரி இழைகளை மணிக்கு ஒன்றாகப் போட்டு நிகழ்முறையின் தொடர்ச்சியான கட்டங்களை இந்த வெவ்வேறு உயிரணுக்களில் பின்னர் அவதானிக்க வேண்டியிருந்தது.[1] தற்காலத்தில் இதே விளைவை நாம் இதைவிடச் சுலபமான முறையில் பெறலாம். பாசி உள்ள பாத்திரத்தை நிலவறை போன்ற குளிர்ந்த இடத்தில் இரவில் வைத்தால் உயிரணுக்கள் பல்குவது மறுநாள்வரை நின்று விடுகிறது. இதன் மூலம் ஒரு உயிரணு பல்கும் நிகழ்முறையைச் சௌகரியக் குறைவான இரவு நேரத்துக்குப் பதில் சௌகரியமான பகல் நேரத்தில் நாம் அவதானிக்கலாம்.

இந்தச் செயல்முறை மிகவும் சுலபமானது. **பிளவு**, உயிரணுவில் அடங்கியுள்ள பொருள்கள் இரண்டாகப் பிரிதல்

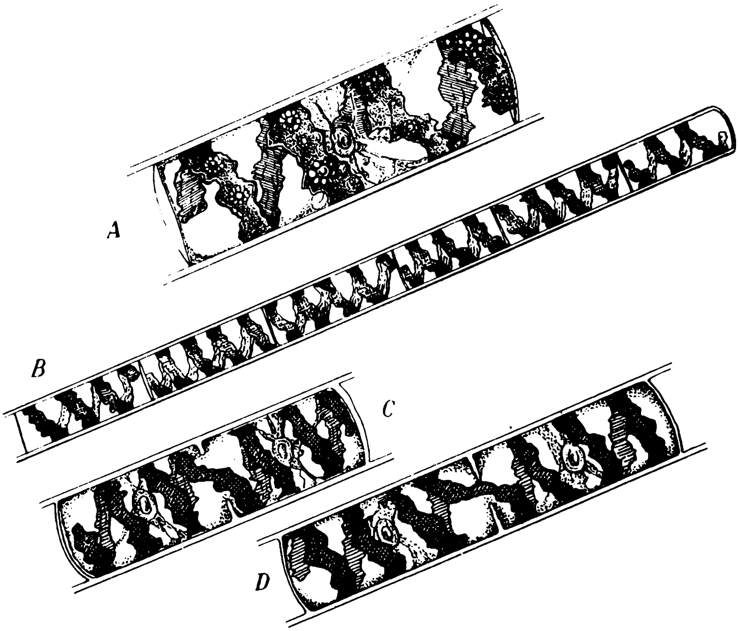
---

[1] இடையறாத செயற்கை வெளிச்சத்தில் உயிரணுப் பிளவு ஒளியின் முன்பும் நடைபெறுகிறது. எனவே, ஒளி உயிரணுப் பிளவை நேரடியாகத் தடை செய்வதில்லை. ஆனால் உயிரணுவின் செயல்பாட்டை வேறு திசையில் ஊக்குவிக்கிறது.

நான் இச்செயல்முறை. இது கீழ்க்கண்டவாறு நிகழ்கிறது. உயிரணு பிளவுறுவதற்கு உரிய வளர்ச்சிக் கட்டத்தை அடைந்தவுடன், அதன் சுவரிலிருந்து இரண்டு புடைப்புக்கள் தோன்றுகின்றன. இவை உயிரணுவின் குழிக்குள் துருத்துகின்றன (படம் 59—C,D). நாம் ஆராயும் உயிரணுக்கள் நீளுருளை வடிவமானவை. உருப்பெருக்கியின் கீழ் இவற்றை ஜாக்கிரதையாக முன்னும் பின்னும் அசைத்து நீளப் போக்கான அச்சில் சுழலச் செய்தால், உயிரணுக்கள் எந்த நிலையில் இருந்தாலும், மேலே குறிப்பிட்ட புடைப்புக்களின் தோற்றம் ஒரே மாதிரியாக இருப்பதைக் காண்கிறோம். எனவே இவை, முதலில் கருதப்பட்டது போன்று, வெறுமே இரு சுணைகள் அல்ல. இவை உயிரணுவின் உட்புறம் முழுவதிலும் சூழ்ந்துள்ள முழு வளையம் ஆகும். ஒரே உயிரணுவை நாம் தொடர்ந்து அவதானித்தால், இந்த வளையம் இன்னும் உயிரணுவுக்குள் மேலும் மேலும் ஆழமாக வளர்ந்து அதிலுள்ள பொருள்களை இரு பாதியாகப் பிரிக்கிறது என்பதைக் காண்போம். இச்சமயத்தில், உயிரணுவில் ஒரு மையக்கருவுக்குப் பதில் இரண்டு கருக்கள் தென்படுகின்றன. முடிவாக வளையம் நடுவில் பூரணமாக இணைந்து உயிரணுவின் குறுக்கே தொடர்ச்சியான தடுப்பாக அமைகிறது. இந்த முறையில் ஒரே உயிரணுவிலிருந்து இரண்டு உயிரணுக்கள் உருவாகின்றன. ஒவ்வொன்றிலும் அதற்குரிய அணுக்கரு, புரோட்டோபிளாசம், பச்சையப் பட்டை ஆகியவை உள்ளன. வெளிச் சுவர்களை உருவாக்கும் அதே ஸெல்லுலோஸ் தடுப்பால் இவை பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. புதிதாக உருவான ஒவ்வொரு உயிரணுவிலும் அது பக்குவம் அடைந்த பின்பு இதே போன்ற பிளவு நிகழ்கிறது. இச்செயல்முறை தொடர்ந்து நடைபெற்றுக் கொண்டே இருக்கிறது. முடிவில் ஒரு உயிரணுவிலிருந்து உயிரணுக்களின் முழுத் தொகுப்பு, முழு இழை உருவாகிறது.

அவதானிக்கப்பட்ட மிக எளிய உயிரணுக்களில் நடைபெறும் பிளவுச் செயல்முறை இத்தகையதே. பெரும்பாலான உயிரணுக்களில் இது சற்று வேறு விதமாக நிகழுகிறது. உயர் நிலைத் தாவரங்களில் திசுக்களின் வளர்ச்சியின் போது உயிரணுக் குழிக்குள் புதிய தடுப்பு மேற்கூறியதைப் போன்று படிப்படியாக உள் நோக்கி வளர்வதைக் காண ஒரு போதும்

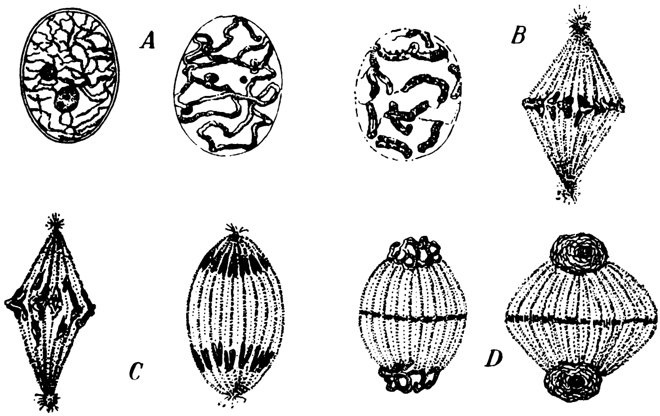
வாய்ப்பதில்லை என்ற உண்மை விஞ்ஞானிகளை வியப்பில் ஆழ்த்தியது. அவற்றில் தடுப்பு திடீரெனத் தோன்றிவிடுவது போன்று பட்டது. ஆனால் சற்று நுணுக்கமாக ஆராய்ந்ததில்,



படம் 59

இங்கும் கூடத் தடுப்பு படிப்படியாகவே, ஆனால் வேறு விதமாக, உருவாகிறது என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. நாம் ஏற்கனவே பல முறை குறிப்பிட்ட உயிரணுப் பகுதி மீது உரிய கவனம் செலுத்தப்பட்ட போது இது விளங்கிற்று. இப்போது நாம் இந்தப் பகுதியை ஆராய்வோம். இது தான் உயிரணுக் கரு. இதைப் பற்றிச் சமீப காலத்தில் ஏராளமான புத்தகங்கள் வெளி வந்துள்ளன. ஸ்பைரோகைராவில் உயிரணுப் பிளவு நிகழ்வதற்கு முன்பு அணுக்கரு பிளவுறுகிறது என்பதை நாம் காண்கிறோம். ஆனால் பல தாவரங்களில் இவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொடர்பு இன்னும் நெருக்க

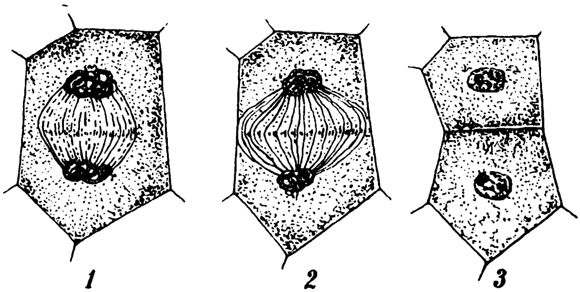
மானது. உயிரணு பிளவுறுவதற்கு முன்பு அணுக்கருவில் பல தொடர்ச்சியான மாறுதல்கள் நிகழ்கின்றன. இவை மாருத ஒரே மாதிரித் தன்மை பெற்றுள்ளன. இந்த மாறுதல்கள் தாவரங்களிலும், விலங்குகளிலும் நடைபெறும் உயிரணுப் பிளவிலும் இவை அனேகமாக ஒரே மாதிரியாக இருக்கின்றன என்பது மிகவும் அக்கறைக்குரிய விஷயம். உருப்பெருக்கியைக்



படம் 60

கொண்டு பார்க்கும் பொழுது அணுக்கருவில் அடங்கியுள்ள இரு பொருள்களைத் தனிப் பிரித்துக் காணலாம். ஒன்று பலவித வண்ணப் பொருள்களால் எளிதில் சாயமேற்றப்படுகிறது. மற்றென்றில் சாயமேறுவதில்லை. பிளவுறுவதற்குச் சற்று முன்னுல், சாயமேற்றப்பட்டுள்ள பொருளான குரோமாட்டின் அல்லது நியூக்ளியின், சிடுக்கடைந்த நூல் சுருள் போன்று தோன்றுகிறது (படம் 60—A). சற்று நேரம் கழித்து இந்த நூல்கள் சிறு சிறு துண்டுகளாகப் பிரிகின்றன. இத் துண்டுகள். கருவின் மையத் தளத்தில் (படம் 60—B வலது பக்கம் காட்டியிருப்பது போலக்) குழுக்களாகப் பிரிகின்றன. இன்னும் சற்று நேரம் சென்று, வழக்கமாக ஒரு குறித்த எண்ணிக்கை கொண்ட இத்துண்டுகள் பாதியாகப் பிரிந்து அணுக்கருவின் எதிர் எதிர்த் துருவங்களை அடைகின்றன.

இப்பொழுது அணுக்கரு நூற்கதிரின் வடிவமும் வரிகளிட்ட தோற்றமும் கொண்டிருக்கிறது (இந்த வரிகளில் சாயமேறு வதில்லை. எனவே இவற்றை உருவாக்கும் பொருள் அக்கு ரோமாட்டின் என அழைக்கப்படுகிறது, படம் 60—C). குரோ மாட்டின் துருவங்களில் ஒன்று சேர்ந்து சுருளாகப் பின்னிக் கொள்கிறது. இப்பொழுது இரண்டு அணுக்கருக்கள் உள்ளன (படம் 60—D). இத்துடன் அணுக்கருப் பிளவு முற்றுப் பெற்றுவிட்டது. இதன் பின்பு உயிரணுப் பிளவு தொடங்கு கிறது. நூற்கதிரின் மையத் தளத்தில், நுண்ணிய கணிகங்கள் தோன்றுகின்றன (படம் 61—1). இவை ஒன்றாக இணைந்து



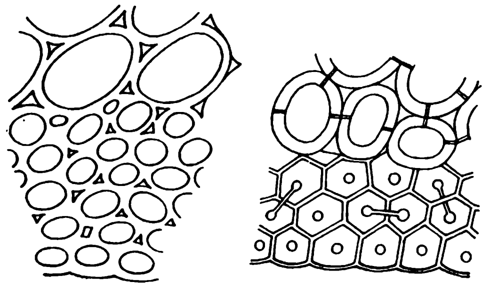
படம் 61

தட்டுப் போன்று மாறுகின்றன. உயிரணுச் சுவர் எந்தப் பொருளால் ஆனதோ அதே பொருளால், அதாவது ஸெல்லு லோஸால் ஆனது இந்தத் தட்டு (படம் 61—2). உருவாகும் பொழுது, இது உயிரணுச் சுவரை அழுத்துகிறது. இதனால் உயிரணுவை இரு கூறாகப் பிரிக்கும் தடுப்பு தோன்றுகிறது (படம் 61—3). புதிதாக உருவான ஒவ்வொரு உயிரணு விற்கும் தனியாக அணுக்கரு இருக்கிறது. அது தனிப்பட்ட வாழ்வைத் தொடங்குகிறது, வளருகிறது, குறித்த அளவை அடைந்து, தன் முறை வரும் பொழுது அதுவும் பிளவுறுகிறது.

இருட்டில் தாவரங்கள் ஏன் அதிக விரைவாக நீண்டு வளருகின்றன என்பதை நாம் பொதுவாக விளக்கினோம். உறுப்பின் மொத்த வளர்ச்சியைத் தீர்மானிக்கும் இரு நிகழ்ச்சி

களான உயிரணுக்களின் நீட்சியும் பிளவும் ஒளி இல்லாத பொழுது அதிகச் சுறுசுறுப்பாக நடைபெறுகின்றன என்பதைத் தாவரங்களின் இந்த நடத்தை பொறுத்துள்ளது. ஆனால், ஒளியின் இந்தத் தடைப்படுத்தும் விளைவுக்குக் கிட்டத்தட்டப் பொருத்தமான காரணம் ஒன்றைக் கண்டுபிடிக்க முடியாதா? இந்நிகழ்ச்சியை ஓரளவு விளக்கும் ஆராய்ச்சிகள் உள்ளன. அதே சமயம் இவை மிக அதிகமான நடைமுறை முக்கியத்துவம் வாய்ந்த கேள்வியொன்றுடன் தொடர்புள்ளவை. இருட்டில் வளரும் தண்டுகளில் ஈரப்பதன் அதிகமாக உள்ளது என்றும், அவற்றின் திசுக்களுக்கு விறைப்புத் தன்மை குறைவு என்றும் நீண்ட காலமாகவே தெரியும். இருட்டிலும், வெளிச்சத்திலும் வளர்க்கப்பட்ட கிரெஸ் பூண்டிலிருந்து இருட்டில் வளர்ந்த தாவரத் தண்டுகள் பொதுவாகவே பிகுவு குறைந்தவை என்பது தெரிகிறது. இந்த அதீதமான உதாரணங்களுக்கிடையே(அதாவது,வெளிச்சத்திலும் முழு இருட்டிலும் வளர்க்கப்பட்ட தண்டுகளுக்கிடையே) உள்ள வேறுபாடு போன்ற ஒன்றை முறையே நிழலிலும் மற்றொன்றைப் பிரகாசமான ஒளியிலும் வளர்ந்த செடிகளிலும்—குறைந்த அளவில் தான் எனினும்—காணலாம். தானியப் பயிர்கள் சாய்வதற்கு இதை விளக்கமாகக் கூறலாம் என்ற ஊகம் தெரிவிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இப்பயிர்கள் சாய்வது ஸிலிக்கன் குறைவதினால் தான் நிகழுகிறது என்று நிரூபிக்கப் பலர் வீணாக முயற்சி செய்தனர் என்பதை ஏற்கனவே பார்த்தோம் (விரிவுரை IV ஐக் காணவும்). மிக நெருக்கமாக விதைக்கப்படும் தானியப் பயிர்கள் தாம் பெரும்பாலும் சாய்கின்றன, ஆனால் விலக்கமாக நிற்கும் பயிர்கள் —முதல் பார்வைக்கு இவ்விஷயம் எவ்வளவுதான் விந்தையாகத் தென்பட்டாலும்—சாய்வதே இல்லை என்ற உண்மையை அடிப்படையாகக் கொண்டு மேற்கூறிய ஊகம் செய்யப்பட்டிருக்கலாம். தானியப் பயிர்களுக்குச் செயற்கையாக நிழல் தரக் கீழ்க்கண்ட முறை கையாளப்பட்டது. ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட பயிர்கள் ஒரு வடி குழாயால் சுற்றிலும் மறைக்கப்பட்டன. பயிர்த் தாள் அந்தக் குழாயை விட உயரமாக வளர்ந்ததும் மற்றொரு குழாய் முதல் குழாயின் மீது வைக்கப்பட்டது. இம்முறையில் பயிருக்கு

மேலிருந்து மட்டும் வெளிச்சம் பட்டது, அதன் பக்கங்களில் எப்போதும் நிழல் விழுந்தது. எதிர்பார்த்தபடியே, இந்த நிலைமைகளில் நீளமான, பலமற்ற, துவளும் பயிர்த் தாள் உற்பத்தி ஆயிற்று. இதையும், சகஜமான பலமுள்ள பயிர்த் தாளையும் உருப்பெருக்கி கொண்டு ஒப்பிட்டு ஆராய்ந்ததில் கீழ்க்கண்ட வேறுபாடுகள் தெரிய வந்தன: நீண்ட தாளில் உயிரணுக்கள் மிக நீளமாக இருந்தன, ஆனால் அவற்றின் சுவர்கள் சகஜமான தாளின் உயிரணுச் சுவர்களைவிட மெல்



படம் 62

லியவையாக இருந்தன. பின்னதன் உயிரணுக்கள் குட்டையாக இருந்தன, ஆனால் தடிப்பான சுவரைப் பெற்றிருந்தன. இதிலிருந்து ஒளி வளர்ச்சியைத் தாமதப்படுத்துவது இல்லை என்றும், அதன் திசையை மட்டுமே மாற்றுகிறது என்றும் தெரிகிறது. உயிரணுச் சுவர்கள் எல்லாத் திசைகளிலும் வளர்வதற்குப் பதிலாக, தடிப்பாகின்றன. இதே வேறு பாடு ஆரோக்கியமான பயிர்த் தாளைச் சாய்ந்துவிட்ட பயிர்த் தாளுடன் உருப்பெருக்கியின் உதவி கொண்டு ஒப்பிட்ட பொழுதும் காணப்பட்டது. படம் 62ல் வகைக்கு ஒன்றாகக் காட்டியுள்ள இரு பயிர்த்தாள் துண்டுகளின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்புக்களை ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் இது தெரியவரும். சகஜமான தாளின் (வலது பக்கத்தில் உள்ளது) உயிரணுச் சுவர்கள் யாவும் மிக அதிகத் தடிப்பாக உள்ளன. அதன் கீழ் வரிசைகளிலோ (தாளின் வெளி அடுக்குகள்), உயிரணுக் குழி அனேகமாகப் புள்ளி போலத் தோன்றும் அளவுக்குச் சுவர்கள் தடிப்பாயிருக்கின்றன (படம் 62ல் அக்கம் பக்கத்

திலுள்ள உயிரணுக்களின் குழிகளை இணைக்கும் கோடுகள், படம் 43—III ல் உள்ளது போல், ரோமக்கால்களைக் குறிக்கின்றன). தடிப்பான சுவர்களுடன் இருப்பது மட்டுமல்லாமல், சகஜமான தாளின் உயிரணுக்கள் நீள வெட்டில் அதிகக் குட்டையாகவும் இருக்கின்றன. நெருக்கமாக விதைக்கப்பட்ட பயிர்கள் ஒன்றுக்கொன்று நிழல் தருவதன் விளைவாகப் பயிர்த்தாள் மட்டுமீறிய விரைவுடன் நீளமாக வளர்தல், உயிரணுச் சுவர்கள் போதுமான அளவு தடிப்பாகாமல் இருத்தல், இவைதாம் பயிர்கள் சாய்வதற்கு உண்மையான காரணம். விதைகளை அதிக விலக்கமாகவோ, நேர் வரிசைகளாகவோ ஊன்றுவதன் மூலம் இந்தத் தீய விளைவைத் தடுக்கலாம். இதனால் ஒவ்வொரு தாவரமும் தன் சகஜமான வளர்ச்சிக்குரிய போதுமான ஒளியைப் பெறும்.

இது வரைக்கும் தாவரத்தின் வளர்ச்சி பற்றி நிலவி வந்த கருத்து ஒன்றிற்கு இவ்வுண்மைகள் முரணாகவுள்ளன. வளர்ச்சியின் பொழுது எப்பொழுதுமே பொருள்கள் அதிகரிப்பதில்லை என்று நாம் ஏற்கனவே கண்டோம். விதை முளைக்கும் பொழுது கன அளவு கூடுகிறது. ஆனால் தாவரம் பொருளை இழக்கிறது. வளர்ச்சி என்பது உறுப்பு நீளமாவது அல்லது அகலமாவதல்ல என்று இப்பொழுது காண்கிறோம். ஏனென்றால், வளர்ச்சி சில சமயங்களில் வேறு விதமாக, உயிரணுச் சுவர் தடிப்பாவதில் நடைபெறலாம். திட்டவட்டமாகக் கூறினால், உயிரணுச் சுவர்கள் நீளத்திலோ, அகலத்திலோ அல்லது **கனத்திலோ** வளரும் பொழுதுதான் தாவரம் வளருகிறது என்று கொள்ளலாம்.

உயிரணுக்களின் வடிவத்தை மாற்றுவது ஒளி மட்டுமல்ல; திட்டவட்டமான இயந்திரத் தன்மை வாய்ந்த காரணங்களினாலும் இம்மாறுதல்கள் நடைபெறலாம். அடிமரத்தின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பில் ஆண்டு வளையங்கள் எனப்படுபவை காணப்படுகின்றன என்று சென்ற விரிவுரையில் பார்த்தோம் (படம் 46—III). இந்த வளையங்கள் பைன் மரம் போன்ற ஊசியிலை மரங்களில் மிகத் தெளிவாகத் தெரிகின்றன. இந்த வளையங்களுக்குக் காரணம் குளிர் காலத்தில் வருடந்தோறும் வளர்ச்சி நின்று விடுவதுதான். எனினும், சென்ற இலையுதிர் காலத்தில் வளர்ந்து படிந்த உயிரணுக்

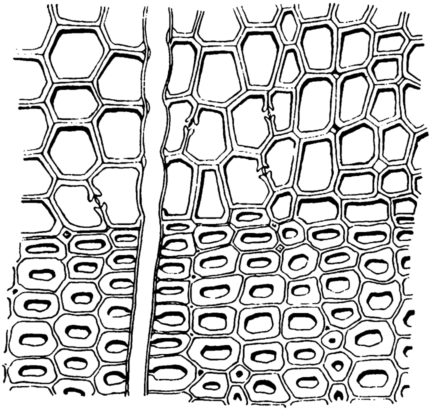
களுக்கு அருகில், குளிர்கால ஓய்விற்குப் பின்பு, வசந்த காலத்தில் அவையே போன்ற புதிய உயிரணுக்கள் இடம் பெற்றுல் அந்த அக்கம் பக்க அடுக்குகளுக்கிடையே எந்த வேறுபாடும் இருக்காது. இவற்றிற்கு இடையே உள்ள எல்லே தெளிவாகத் தென்படாது. இவை ஒன்றில் ஒன்று கலந்து இடையீடற்ற மொத்தம் ஆகிவிடும். இந்த அடுக்குகளுக்கிடையே துலக்கமான எல்லே வரிகள் இருப்பதற்குக் காரணம், வசந்த காலத்தில் உருவாகும் மரம் இலேயுதிர்காலத்தில் தோன்றிய மரத்திலிருந்து முற்றிலும் வேறுபட்டது என்பதே. ஒவ்வொரு ஆண்டு வளேயத்திலும் இந்த இரு பகுதிகளே நாம் வெறுங் கண்களாலே கூட வேறுபடுத்திக் காண முடிகிறது: வசந்தகால மரம் உட்சோற்றுப் பகுதிக்கு அருகில் உள்ளது, இலேயுதிர்கால மரம் பட்டைக்கு அருகில் உள்ளது. முந்தியது அடர்த்தி குறைந்தது, எனவே நிறம் வெளிறி உள்ளது. பிந்தியது அடர்த்தி மிகுந்தது, எனவே ஆழ்ந்த நிறமுள்ளது. இதுபோன்று வெளிறிய நிறமும், ஆழ்ந்த நிறமும் மாறி மாறி இருப்பதை ஒவ்வொரு சிம்பிலும், நெருப்புக் குச்சியிலும் கூட, பார்க்கிரேம். இந்த வேறுபாட்டிற்குரிய உடனடிக் காரணம் உருப்பெருக்கி மூலம் தெரிகிறது. படத்தில் பைன் மரத்தின் ஒரு சிறு துண்டு, நெருப்புக்குச்சியின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு, காட்டப்பட்டுள்ளது (படம் 63). இதன் நடுவில் இண்டு ஆண்டு அடுக்குகளுக்கிடையே உள்ள எல்லே காணப்படுகிறது.[1] கீழ்ப் பகுதியில், ஒரு வகையில் சொன்ஞல், கடந்த வருடக் கோடை காலத்து உயிரணுக்கள் சிலவும், இலேயுதிர் காலத்து உயிரணுக்கள் அனேத்தும் உள்ளன. மேல் பகுதியில் உள்ளவை, நடப்பு ஆண்டின் வசந்த கால உயிரணுக்கள் ஆகும். இலேயுதிர் காலத்து உயிரணுக்களிலிருந்து வசந்த கால உயிரணுக்களுக்கு நிகழும் திடீர் மாற்றத்தை எளிதாகக் காணலாம். முந்தியவற்றிற்குத் தட்டையான வடிவமும் தடிப்பான சுவரும் சிறிய, குறுகலான குழிகளும் உள்ளன. பிந்தியவற்றிற்குக் கிட்டத்தட்ட சதுர வடிவம் உண்டு. இவற்றின் சுவர்கள் மெல்லியவை, குழிகள் பெரியவை.

[1] வெட்டுத் தோற்றத்தை இடது, வலது பாதிகளாகப் பிரிக்கும் நெட்டுக் கோடு மெடுல்லாக் கதிரைக் குறிக்கிறது (முந்திய விரிவுரையைக் காணவும்).

நீண்ட காலமாக தாவரவியல் அறிஞர்கள் வருடத்தின் வெவ்வேறு பருவங்களில் உயிரணுக்களின் வடிவில் ஏற்படும் இந்த மாற்றத்தை விளக்க முடியாமல் இருந்தனர். திசுக்களின் பரஸ்பர அழுத்தம், பரஸ்பர விறைப்புத் தன்மை ஆகியவைதான் இவற்றிற்குக் காரணம் என்ற கருத்து அவர்களுக்கு உதித்த பின்பு தான் இதை விளக்க முடிந்தது. நீளப் போக்கில் உள்ள விறைப்புத் தன்மை பற்றி, அதாவது தண்டில் உள்ள வெவ்வேறு திசுக்கள் சமமில்லாமல் நீளுவதால் ஏற்படும் விறைப்பு பற்றி, சற்று முன்பு தெரிந்து கொண்டோம். இதே போன்ற சமமற்ற வளர்ச்சி குறுக்குப் போக்கிலும் ஏற்படக் கூடும், ஏற்படவும் செய்கிறது.

பட்டை, தன்னை விட விரைவாக வளரும் மரத்தைத் தொடர்ந்து அழுத்துகிறது. மறுபுறம் மரம் பட்டையை இடைவிடாது நீட்டுகிறது, இறுக்குகிறது. மரத்தின் உள் அழுத்தம் காரணமாகப் பட்டையில் நீளப் போக்கில் ஏற்படும் வெடிப்புக்கள் இதை நிரூபிக்கின்றன. மிக மழ மழப்பான பட்டை கூட வழக்கமாகப் பிகுவான நிலையில் உள்ளது என்பதையும் இதன் விளைவாக மரத்தை அழுத்துகிறது என்பதையும் எளிதாகக் காணலாம். அதைக் கத்தி கொண்டு நீளப் போக்கில் வெட்டினால் வெட்டுப்பட்ட இடம் விரிவதைக் காண்போம். அல்லது மரப் பட்டையை வட்டமாக வெட்டி எடுத்துவிட்டு, உடனே (அது உலர்வதற்குள்ளாக) அதை மறுபடியும் அதே இடத்தில் ஒட்ட வைக்க முயன்றால் அதன் விளிம்புகள் பொருந்த மாட்டா. அவற்றைப் பொருந்த வைக்கும் முயற்சி எதுவுமே பலனளிக்காது என்பதைக் காணலாம். இதனால் தெரிவதாவது: பட்டை வளரும் மரத்தின் மீது இரும்பு வளையம் போன்று அழுத்துகிறது; மரம் வளர வளர, அது அதிகமான அழுத்தத்தை எதிர்த்துச் சமாளிக்க வேண்டியிருக்கிறது. இந்த அழுத்தம் தொடர்ந்து அதிகமாகும், இலையுதிர் காலத்தில் இது மிக அதிகமாக இருக்கும் என்பது வெளிப்படை. இந்த அதிகரிக்கும் அழுத்தம் காரணமாக, மரத்தின் உயிரணுக்கள் மேலும் மேலும் தட்டையாகும். இந்த ஊகம் சரி என்பதைப் பரிசோதனைகள் முழுமையாக நிரூபிக்கின்றன. வசந்த காலத்தின் ஆரம்பத்தில், இரும்பு வளையத்தால் மரத்தை இறுக்கி

அதன் அழுத்தத்தைச் செயற்கையாக அதிகரித்தால், அந்த இடத்தில் இலையுதிர் காலத்தவை போன்ற உயிரணுக்கள் வருட முழுவதும் தோன்றும். மாருக நீளப் போக்கில் பட்டையை வெட்டி, கோடையிலும், இலையுதிர் காலத்திலும் அதன் அழுத்தத்தைக் குறைத்தால், அவ்விடங்



படம் 63

களில் வசந்த காலத்தில் தோன்றுவது போன்ற உயிரணுக்கள் ஆண்டு முழுவதும் உருவாவதைக் காண்போம். இவைதாம் இயந்திரத்தன்மை வாய்ந்த காரணங்களால் உயிரணுக்களில் தோன்றும் வடிவ மாறுதல்கள் ஆகும்.[1]

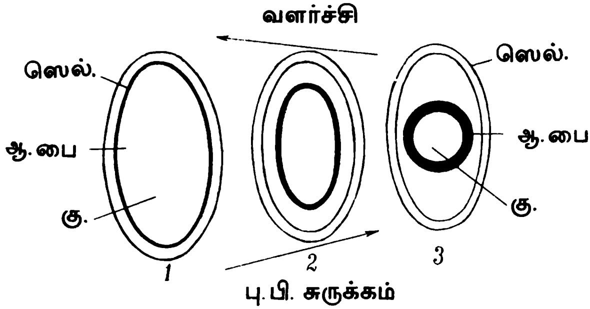
[1] திசுக்களின் வளர்ச்சியின் மீது முற்றிலும் இயந்திரத் தன்மை வாய்ந்த பாதிப்புக்களிஞல் ஏற்படும் அக்கறைக்குரிய விளேவு ஒன்று காணப்பட்டு உள்ளது. காற்றிஞல் மரத்தின் அடிப் பகுதியில் உண்டாக்கப்படும் அசைவுகள் (பத்தொன் பதாம் நூற்ருண்டின் தொடக்கத்தில் பிரபல பிரிட்டிஷ் விஞ்ஞானியான நைட் என்பவரால் இந்த விஷயம் விளக்கிக் காட்டப்பட்டது. வளர்ச்சி மீது புவி ஈர்ப்புச் சக்தி ஏற்படுத்தும் விளேவைக் கண்டுபிடித்தவரும் இவரே), வளரும் பகுதிகளேச் செயற்கைப் பிகுவிற்கு உட்படுத்துதல் (இதைத் தற்கால ஜெர்மானிய விஞ்ஞானிகள் நிரூபித்துள்ளனர்) போன்ற விஷயங்கள் காரணமாக இயந்திரத் தன்மை வாய்ந்த திசுக்கள் அதிகமாக வளரும். இந்த முறையில் அதிகமாகத் தேவைப்படும் பொழுது இயந்திரத் தன்மை வாய்ந்த திசுக்கள் அதிகத் தீவிரமாக வளருகின்றன.

இப்பொழுது நாம் ஒரு படி மேலே சென்று வளர்ச்சியின் அடிப்படைத் தன்மையையே விளக்க முடியாதா? உயிரணு ஏன் வளருகிறது? வெளிக் காரணிகளின் பாதிப்பினால் உயிரணு எப்படி ஒரு அல்லது மற்றொரு திசையில் வளருகிறது? உயிரணு வளருவதற்குரிய அடிப்படை இயந்திர அமைப்பைத் தாவரவியல் அறிஞர்கள் பின்வருமாறு விளக்குகிறார்கள். புரோட்டோபிளாசத்தில் உள்ள அல்புமின் பொருள்களில் நிகழும் இரசாயன மாறுதல் காரணமாகத் தண்ணீரை ஆவலுடன் உறிஞ்சும் பொருள்கள், **குமிழிகள்** எனப்படும் நீர்த்த சாற்றுத் துளிகள்,[1] உயிரணுவில் தோன்றுகின்றன. இந்தக் குமிழிகள் ஒன்று கலந்து பொதுவான பெரிய குமிழி ஆகின்றன. இந்தப் பெரிய குமிழி புரோட்டோபிளாசம் முழுவதையும் உயிரணுச் சுவருக்கு அருகில் ஒதுக்கி விடுகிறது (படம் 64— 1,கு.). இதனால் புரோட்டோபிளாசம் பை போன்ற வடிவத்தைப் பெறுகிறது. இது **ஆரம்பப்பை** என்று அழைக்கப்படுகிறது (படம் 64—1, ஆ. பை). இந்த நுண் குமிழியினுள் (படம் 47ல் காட்டியுள்ள நமது உபகரணத்தில் நிகழ்வதுபோல) அதில் கரைந்துள்ள பொருள்களின் விளைவாகச் சவ்வூடு பரவுதல் முறையில் மேலும் மேலும் அதிகமான தண்ணீர் செல்லும். உயிரணுவே ஒரு பை போன்று இருப்பதினால், கூடுதலான கன அளவுள்ள உயிரணுச் சாறு உயிரணுச் சுவரை அழுத்தி அதை நீள, அதாவது வளரச் செய்யும். இதே சமயம் புரோட்டோபிளாசம் உயிரணுச் சுவரை ஒட்டிய தன் வெளிப் பரப்பில் ஸெல்லுலோஸைத் தொடர்ந்து உற்பத்தி செய்து கொண்டிருக்கும்.

புரோட்டோபிளாசம் ஸெல்லுலோஸை உருவாக்குகிறது என்பது கீழ்க்கண்ட பாங்கான பரிசோதனை மூலம் நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. வாழும் உயிரணுவை உருப்பெருக்கியின் கீழ் வைத்து வெட்டி, புரோட்டோபிளாசத்தின் ஒரு பகுதியை வெளியேறச் செய்கிறோம். இந்தப் புரோட்டோபிளாசம், சுயேச்சை நிலையில் உள்ள எல்லாத் திரவங்களையும் போன்று, கோள வடிவம் பெறுகிறது. சற்று நேரத்தில் அது தன் மேற்பரப்பில் ஸெல்லுலோஸை உருவாக்கிப் புதிய

[1] விரிவுரை II, படம் 15 ஐக் காணவும்.

உயிரணுவாக மாறிவிடுகிறது. இதில் கவனிக்க வேண்டியது என்னவென்றால், புரோட்டோபிளாசத்தின் எந்தப் பகுதிகளில் கரு உள்ளதோ அதற்குத்தான் புதிய உயிரணுக்களை உருவாக்கும் இந்தப் பண்பு இருக்கிறது. இவ்விதமாக, உயிரணுக்களின் வளர்ச்சிக்கும் கருவிற்கும் நெருங்கிய தொடர்பு



படம் 64

இருக்கிறது என்பது தெரிகிறது. உயிரணுக்களின் இயல்பான வளர்ச்சியின் போது செல்லுலோஸ் உருவாவதற்கும் புரோட்டோபிளாசம், கரு ஆகியவற்றுக்கும் இடையே இதே போன்ற நெருங்கிய தொடர்பு காணப்படுகிறது. இந்தச் செயல்முறை நிகழும் பொழுது உயிரணுச் சுவர்கள் உட்புறம் முழுவதும் சம அளவில், அல்லது குறித்த சில இடங்களில் மட்டும் தடிப்பாகின்றன. இது கரு, புரோட்டோபிளாசம் ஆகியவற்றின் நிலையைப் பொறுத்துள்ளது.

இது வரைக்கும் கூறியதை வைத்துக்கொண்டு வளர்ச்சி என்றால் என்ன என்பதைப் பின்வருமாறு தொகுத்துக் கூறலாம். பெரும் பகுதி அல்புமினாய்டுகளைப் பெற்றுள்ள பொருள் கலவையான புரோட்டோபிளாசம், சிதைந்து இரசாயன மாறுதலுக்கு உட்படும்போது உயிரணுச் சாற்றில் கரையக் கூடியவையும் சவ்வூடு பரவுதல் முறையில் தண்ணீரை ஈர்ப்பவையுமான பொருள்களை ஒரு புறம் தோற்றுவிக்கிறது. இதனால் தான் குமிழி பெரிதாகிறது, உயிரணுச் சுவர் நீளுகிறது. மறுபுறம் புரோட்டோபிளாசத்தின் இதே சிதைவு

காரணமாக செல்லுலோஸ், அதாவது வளரும் உயிரணுவின் சுவர்களை உருவாக்கும் கட்டுமானப் பொருள், உருவாக்கப் படுகிறது. நமது விளக்கம் சரியானால், நிலைமைகளை மாற்று வதன் மூலம் வளர்ச்சிக்கு எதிரான செயல் நடைபெறுவதை நாம் காண்போம். அதாவது, உயிரணுவின் அளவு பெரிதா வதற்குப் பதிலாகச் சிறிதாகும். முக்கியமாக, குமிழியும் அதனால் பிகுவாக்கப்படும் புரோட்டோபிளாசப் பையும் அளவில் சிறிதாகின்றன. இம்முடிவைப் பின்வரும் சுலபமான பரிசோதனை உறுதிப்படுத்துகிறது. உயிரணுக்களின் கன அளவும், விளைவாக முழு உறுப்புக்களின் கன அளவும் அதிகரிப்பது குமிழியில் உள்ள கரைசல் ஈர்க்கும் தண்ணீரைப் பொறுத்துள்ளது என்றால், குமிழியிலிருந்து நீரை வெளியே ஈர்க்கும் கரைசலால் உயிரணுவை அல்லது உறுப்பைச் சூழ் வதன் வாயிலாக நாம் அதன் கன அளவைக் குறையச் செய் யலாம். உயிரணுச் சாற்றை விட அடர்த்தி கூடுதலான சர்க் கரை அல்லது உப்புக் கரைசலில் உள்ள வாழும் உயிரணு ஒன்றை உருப்பெருக்கி மூலம் அவதானிப்போம். இப்பொழுது உயிரணுவின் கன அளவு குறைவதைக் காண்போம் (படம்64—1,2). திடப் பொருள்களால் ஆக்கப்பட்டுள்ள உயிரணுச் சுவர் மேலும் சுருங்க முடியாத நிலையை அடைந்ததும் புரோட்டோபிளாசம் உயிரணுச் சுவரிலிருந்து விலகித் தன் மேற்பரப்பின் மீள்விசை காரணமாக, குமிழியைத் தொடர்ந்து மேலும் சுருங்கும் (படம் 64—2). முடிவில் அது சரியான சிறு பந்து போல மாறி விடும் (படம் 64—3). புரோட்டோ பிளாசப் பையின் இந்தச் சுருக்கம், சொற்செட்டைக் கருதி, **புரோட்டோபிளாசத்தின் சுருக்கம்** என்று அழைக்கப்படு கிறது. ஆக, வளர்ச்சிக்குரிய அடிப்படை இயந்திர அமைப்பு புரோட்டோபிளாசத்தின் சுருக்கத்திற்கு நேர்மாறானது[1] என நாம் முடிவு செய்யலாம். உருப்பெருக்கி நம்மிடம்

---

[1] படம் 64ல் இதை நாம் குறியீட்டு முறையில் அம்புக் குறிகளால் காட்டியுள்ளோம். முன்பு கூறப்பட்டுள்ளபடி, திடப் பொருளால் அமைந்த உயிரணுச் சுவர், ஆரம்பப் பை யைப் போல் அவ்வளவு முழுமையாகச் சுருங்க முடிவதில்லை. **செல்.**—செல்லுலோஸ், **ஆ. பை**—ஆரம்பப் பை, **கு.**—குமிழி.

இல்லாவிட்டாலும், நாம் இந்தக்கூற்றின் உண்மையை எளிதில் நிரூபித்துக் காட்டி விடலாம். சாதாரணப் பூண்டு ஒன்றின் சாறுள்ள தண்டை எடுத்து, அதன் நீளத்தைத் துல்லியமாக அளந்தபின் அதை ஐந்து சதவீதம் உப்பு உள்ள சமையல் உப்புக் கரைசலில் வைப்போம். சிறிது நேரம் கழித்து அதன் நீளத்தை அளப்போம். தண்டு கணிசமாகக் குட்டையாகி இருப்பதைக் காண்போம். எனவே, வளர்ச்சிக்கு எதிரிடையான நிகழ்ச்சி இது என்று ஆகிறது. தண்டைத் தண்ணீரினுள் போடுவதாக வைத்துக்கொள்வோம். அப்போது அது தன் பழைய வடிவத்தை அடைந்து தொடர்ந்து வாழும், வளரும். ஆகவே, தண்டிற்கு எந்த விதமான இடையூறும் செய்யாமல், வளர்ச்சிக்குரிய இயந்திர அமைப்பு பற்றிய நமது விளக்கத்தைச் சரிபார்க்க இந்தப் பரிசோதனை வாய்ப்பு அளிக்கிறது.

உயிரணுச் சுவரின் மீது சாறு ஏற்படுத்தும் அழுத்தம் எப்படியாவது தடுத்து நிறுத்தப்பட்டால், உதாரணமாக, உயிரணு நீரை உட்கொள்ளும் பொழுது, ஆவியாதல் மூலமாக அதை இழக்கிறது என்றால், புரோட்டோபிளாசத்திலிருந்து உருவாகும் செல்லுலோஸ் விரியாத சுவரின் உட்புறத்தில் மேலும் மேலும் படிந்து அதைத் தடிப்பாக்குகிறது. தன் பங்குக்கு இந்தத் தடிப்பான சுவர் உயிரணுச் சாற்றின் அழுத்தத்திற்கு முன்னிலும் குறைவாகவே உட்பட்டு, உயிரணுவின் வளர்ச்சியை மேலும் தாமதப்படுத்துகிறது. பயிர்த்தாளின் வளர்ச்சி கட்டுப்படுத்தப்படுவதும் அதன் உயிரணுச் சுவர் தடிப்பாவதும் ஒரே சமயத்தில் நிகழுகின்றன என்ற மேற்குறித்த விஷயத்தை இவ்விதமாக நாம் விளக்கலாம். இவ்வாறு உறுப்புக்களின் வளர்ச்சியில் ஏற்படும் தடையும் அதே சமயம் அவற்றின் உயிரணுச் சுவர்கள் தடிப்பாவதும் தண்ணீர் போதாமல் இருக்கும் பொழுதெல்லாம் நடக்க வேண்டும் என்பதையும் நாம் காண்கிறோம். வளர்ச்சியைத் தடைப்படுத்தும் ஒளியின் பாதிப்புக்கு (இதை நாம் ஏற்கனவே அறிவோம்) காரணம் ஒரு வேளை இப்படி இருக்கலாம்: வெளிச்சம் இருக்கும் பொழுது தாவரங்கள் அதிகமான தண்ணீரை ஆவியாக்குகின்றன. எனவே உயிரணுச் சுவர் மீது உயிரணுச்சாறு ஏற்படுத்தும் வளர்ச்சி யூட்டும்

அழுத்தம், நிழலிலோ இருட்டிலோ தண்ணீர் ஏராளமாக இருக்கும் பொழுது உண்டாவது போன்று, அவ்வளவு அதிக மாக இருக்காது. இந்த முறையில் ஒளித் திருப்பம் என்னும் நிகழ்ச்சிக்கும் நீர் ஆவியாதலுக்கும் தொடர்பு இருக்கிறது என்று கொண்டால், தானிய முளைக்குருத்துக்கள்மீது டார்வின் செய்த பரிசோதனைகளில் நிகழ்ந்த ஒளித் திருப்பத்தின் விளைவுகள் **பரவுவது** என்ற அம்ச ரீதியான செயலுக்கு நாம் விளக்கம் கூற முடியும். இந்த உறுப்புக்கள் தங்கள் நுனிகளில் தண்ணீரை எவ்வளவு சுறுசுறுப்பாகக் கசிய விடுகின்றன என்பது உங்களுக்கு நினைவிருக்கும். இவை அதே சுறுசுறுப்புடன் நீராவியை வெளியேற்றுகின்றன என்று இதிலிருந்து நாம் முடிவு செய்யலாம். நீரின் இந்த இழப்பு அடியிலுள்ள வளர்ச்சி வளையத்தால் ஈடுகட்டப்பட வேண்டும். எனவே ஒரு புறமாக வெளிச்சம் இருந்தால், வளர்ச்சியும், நீராவிப் போக்கும் ஒரு பக்கமாக நடைபெறுகின்றன. இதனுல் ஒளியை நோக்கிய கோணல் ஏற்படும்.

திசுக்களின் வளர்ச்சியை நேரடியான இயந்திர அழுத்தத்தால் (மரத்தின் வளர்ச்சியில் போல) தடை செய்யலாம் என்று நாம் கண்டோம். உயிரணுவின் உள் அழுத்தத்தைக் குறைப்பதன் மூலமும் அதைத் தடைப்படுத்த முடியும் என்று இப்போது பார்க்கிறோம். இரு சந்தர்ப்பங்களிலும் இத்தடையைத் தொடர்ந்து உயிரணுச் சுவர்கள் அதிகமாகத் தடிப்பாகின்றன. வெளிக் காரணிகள் ஒரு பக்கமாகச் செயல் புரிவதன் பாதிப்பால் **திசுக்கள் முழுவதும்** ஒழுங்கற்று வளரும். இதனுல் உறுப்புக்கள் முழுவதும் வளையும். ஆனுல் ஒரே உயிரணுவின் பல்வேறு பகுதிகளிலும், புரோட்டோபிளாசம், கரு ஆகியவை பரவியிருக்கும் நிலையைப் பொறுத்து இதே போன்ற சமமற்ற வளர்ச்சி ஏற்படக் கூடும் என்பதை நாம் முன்பே அறிந்துள்ளோம். தனி உயிரணுக்கள் வளையும் பொழுது, புரோட்டோபிளாசம் அதன் குழிவான பகுதியில் சேருகிறது என்று அவதானிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒருவேளை இப்பகுதி அதிகத் தடிப்பாகி, சாற்றின் சவ்வூடு பரவுதலினுல் ஏற்படும் அழுத்தத்திற்கு அதிகத் தடையை ஏற்படுத்துகிறது, குறைவாக வே நீட்டப்படுகிறது போலும். இன்னென்றும் சொல்லிவிட வேண்டும். வளர்ச்சியில் பங்காற்றுவது உயிரணுச் சுவரின்

தடிப்பு மட்டுமே அல்ல: உயிரணுச் சுவரின் இரசாயன, பௌதிகப் பண்புகள் வேறுபட்டு அதன் எதிர்ப்புத் திறனையும் மீள்விசையையும் அதிகமாக்கவோ குறைக்கவோ செய்ய லாம். உயிரணுச் சுவரின் ஸெல்லுலோஸை மிருதுவாக்கும் நொதிவிப்பி ஒன்று இருப்பதாக நிரூபிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இந்த நொதிவிப்பி ஓரிடத்தில் தோன்றுவதனால் உயிரணுவின் வளர்ச்சித் திசையும் அதன் வெளி வடிவமும் பாதிக்கப்படக் கூடும். இந்த விவரங்கள் டார்வினுடைய ஆராய்ச்சிகளில் நாம் முன்பு குறிப்பிட்ட இன்னொன்றை விளக்க உதவலாம். இவ்வாராய்ச்சி முனை வெட்டப்பட்ட வேர்களைப் பற்றியது. உயிரணுவின் வாழ்க்கையின் மிக ஆரம்பக் கட்டத்தில், அது வேர் முனைக்கு அருகில் இருக்கும் பொழுது, அதில் புரோட்டோபிளாசம், கரு முதலியன சமமின்றிப் பரவியிருக்கலாம். விளைவாகப் பிற்காலத்தில் ஒழுங்கற்ற வளர்ச்சியும் உறுப்பு முழுவதும் வளைவதும் நேரலாம்.

உறுப்புக்கள், திசுக்கள், உயிரணுக்கள், உயிரணுக்களின் பகுதிகள் ஆகியவற்றின் வளர்ச்சியின் மீது வெளிச் சூழ்நிலையின் கணக்கற்ற வேறுபாடுகள் கொண்ட விளைவுகளையும் மொத்தமாக எடுத்துக்கொண்டால் இந்த நிகழ்ச்சிகள் எல்லாம் எத்தகைய சிக்கலான கூட்டுக்களாக விளங்க முடியும் என்பதையும் இப்போது தான் நாம் முழுமையாக மதிப்பிட முடியும். சாத்தியமான இந்த விளக்கங்களை முதன் முதலில் சோதித்து அறிவதற்குப் பதிலாக, வளர்ச்சி நிகழ்ச்சிகள் தாவரத்தின் மானசீகமான, கிட்டத்தட்ட உணர்வுபூர்வமான செயல்பாட்டின் விளைவுகளே என்று தீர்மானிக்க முற்படுபவர்கள் எவ்வளவு பெரிய தவறு செய்கிறார்கள் என்பதை இப்போதுதான் நாம் அறிந்துகொள்ள முடியும்.

* * *

நாம் முன்னால் விட்டு விட்டு வந்த கிரெஸ், சதாவரி ஆகியவற்றைப் பற்றி இப்பொழுது மறுபடியும் ஆராயலாம். நான் பேசிக்கொண்டிருக்கும் பொழுது ஒளிப் புள்ளி எவ்வாறு சுவரில் இடைவிடாமல் உயரே ஏறிக்கொண்டிருக்கிறது என்று நீங்கள் கவனித்திருப்பீர்கள். இப்போது அது பத்தாவது பிரிவில் அல்ல, நாற்பதாவது பிரிவில் உள்ளது.

இதற்குக் காரணம் என்னவென்றால் கண்ணுடி *mn* என்ற நிலையிலிருந்து *rs* என்ற நிலைக்கு மாறிவிட்டதே (படம் 58). தாவரம் எவ்வாறு வளருகிறது என்று இதிலிருந்து இப்பொழுது நாம் கண்டோம். அதே சமயத்தில் வேர் முனை பென்சிலால் அதைச் சுற்றி வரையப்பட்ட வட்டத்தை வெகு நேரத்துக்கு முன்பே தாண்டி வளர்ந்து விட்டது. அது நீளமாகி விட்டது. இந்தச் செயல்முறையின் விளைவையும் அதற்குரிய உடனடியான காரணத்தையும், அதாவது உயிரணுவின் வளர்ச்சி, பிரிதல் ஆகியவற்றின் அடிப்படையை, அவதானிப்பது மட்டுமின்றி, நாம் இச்செயல் முறையையே, அதாவது நாம் வளர்ச்சி[1] என அழைக்கும் இயக்கத்தையே, புரிந்துகொள்ள முடியும் என்று ஆகிறது.

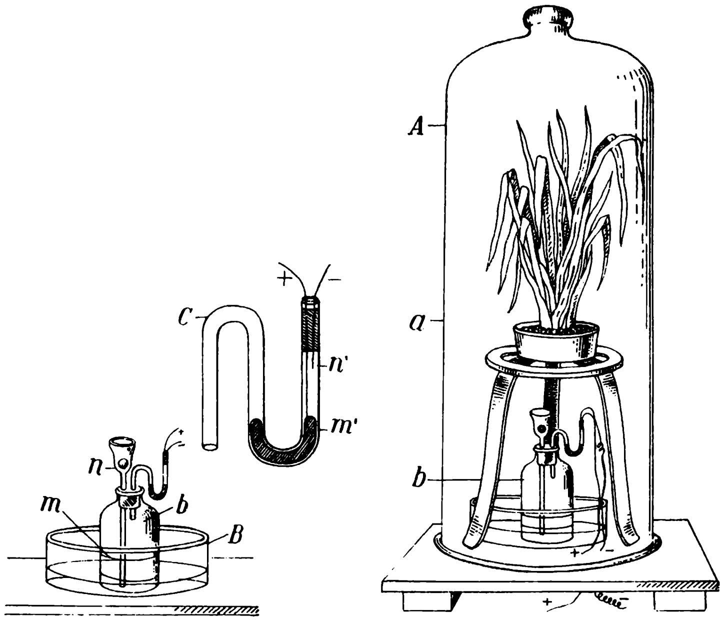
இவ்விரிவுரையின் ஆரம்பத்தில் நாம் மேற்கொண்ட வேலையின் முதல் பகுதியை முடித்து விட்டோம். ஆனால் இரண்டாவது பகுதி என்ன ஆயிற்று? தாவரம் வளருவதை நாம் **கேட்க** முடியுமா? தான் எவ்வாறு வாழ்கிறது, தனக்குப் பசிக்கிறதா இல்லையா என்று தாவரம் ஏதாவது ஒரு ஒலி வடிவத்தில் தெரிவிக்கும்படி செய்ய முடியுமா? இவற்றை நாம் செய்ய முடியும் என்று கீழ்க்கண்ட பரிசோதனை காட்டும். செயற்கை மண்ணில்[2] தாவரம் ஒன்று வளர்க்கப்படு

---

[1] தாவரம் உண்மையில் எவ்வளவு வளர்ந்துள்ளது என்று கண்டுபிடிக்கக் கப்பியின் அச்சிற்கும் சுவருக்கும் உள்ள தூரத்தை அளந்தால் போதும். நாம் ஏற்கனவே கூறியது போல, இந்தத் தூரம் கப்பியின் அரை விட்டத்தைவிட எத்தனை மடங்கு பெரியதோ, வளர்ச்சியின் உண்மையான அதிகரிப்பு ஒளிப் பிம்பத்தின் தென்படும் இடப்பெயர்வைக் காட்டிலும் அத்தனை மடங்கு சிறியது. எனவே, இந்தப் பெருங் கூட்டத்தின் கடைசியில் உள்ளவருக்கு ஒரு மணி நேரத்தில் அல்லது அரை மணி நேரத்தில்கூட நிகழ்ந்துள்ள தண்டின் வளர்ச்சியை இந்த உபகரணத்தின் உதவியால் காட்டலாம் என்றால், பக்கத்தில் இருப்பவருக்கு ஒரு நிமிடத்தில் நிகழும் ஒளிப் புள்ளியின் பெயர்ச்சியைக் காட்ட முடியும். நிமிடத்திற்கு நிமிடம் ஏற்படும் வளர்ச்சியை அறிந்துகொள்ள இந்த முறை உதவுகிறது. இந்த இயக்கத்தை கடிகாரத்தில் உள்ள நிமிட முள் நகருவதைக் காண்பது போன்று நாம் காண முடிகிறது.

[2] விரிவுரை IV ஐக் காணவும்.

கிறது. அதற்கு மேலாக மணி ஜாடி ஒன்று உள்ளது. அதன் வாய் விளிம்பு நன்கு மெருகு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 65—A). தாவரத்தின் வாழ்க்கைக்கு மிகவும் தேவையான ஒரு பொருள் வாயுமண்டலத்தில் உள்ள கார்பனிக அமிலம்



படம் 65

என்று நமக்குத் தெரியும். மணி ஜாடிக்கு உள்ளாக கார்பனிக அமிலம் நிரந்தரமாக இருக்கும்படி எவ்வாறு நாம் வகை செய்ய முடியும்? மேலும் தாவரம் இதை உண்மையில் பயன் படுத்துகிறது என்பதை எப்படித் தெரிந்து கொள்வது?

வாயு மண்டலத்திலுள்ள வாயுக்களைப் பொறுத்த மட்டிலும் தாவரங்களும் விலங்குகளும் ஒன்றுக்கொன்று நேர் எதிராகச் செயல் புரிகின்றன என்பதை நாம் அறிவோம். தாவரங்கள் கார்பனிக அமிலத்தை உட்கொண்டு ஆக்ஸி

றஜனை வெளிவிடுகின்றன. விலங்குகள் ஆக்ஸிஜனை உட்கொண்டு கார்பானிக அமிலத்தை வெளிவிடுகின்றன. தாவரத்துடன் இப்பொழுது விலங்கு ஒன்றையும் மணி ஜாடிக்கு உள்ளாக வைத்தால் இரண்டும் நன்கு வாழும். நாம் விலங்கிற்குப் பதிலாக உபகரணம் ஒன்றை மணி ஜாடிக்கு உள்ளாக வைப்போம் (படம் 65—B). இந்த உபகரணம் வாயு பரிமாற்றத்தைப் பொறுத்தமட்டிலும் விலங்கைப் போலவே செயல் புரியும். ஒரு வகையில் இது ஒரு செயற்கை விலங்காக இருக்கும். இந்த உபகரணம் பின்வருமாறு அமைக்கப்படுகிறது. கண்ணாடி பேஸின் ஒன்றில் ஆக்ஸிஜனை ஆர்வத்துடன் உட்கொள்ளும் திரவம் ஊற்றப்படுகிறது.[1] பாத்திரத்தின் நடுவில் கண்ணாடி ஜாடி ஒன்று வைக்கப்படுகிறது. ஜாடியின் தக்கை வழியாக அதன் அடி மட்டம் வரை புனல் குழாய் ஒன்றும் இரு தரம் வளைந்துள்ள கண்ணாடிக் குழாய் ஒன்றும் செருகப்படுகின்றன. ஜாடியினுள் அமிலம் ஊற்றப்படுகிறது. புனலில் சலவைக்கல் அல்லது சாக் உருண்டை ஒன்று வைக்கப்படுகிறது. இந்த உபகரணத்தை A என்னும் மணி ஜாடியினுல் காற்றுப் புகாதபடி மூடும் பொழுது என்ன நிகழுகிறது என்று நாம் தெரிந்துகொள்வோம். மணி ஜாடியினுள் காற்று இருக்கிறது. எனவே அதில் ஆக்ஸிஜன் உள்ளது. இந்த ஆக்ஸிஜனை பேஸினில் உள்ள திரவம் உறிஞ்சி விடும்.[2] இதன் காரணமாக மணி ஜாடியில் உள்ள காற்றின் கன அளவு (a) குறையும். அதிலுள்ள அழுத்தமும் குறையும். இது குறைந்தால் அமிலத்தைக் கொண்ட ஜாடியில் உள்ள குறைந்த

---

[1] கார்பனிக அமிலம் இருக்கும் பொழுது ஆக்ஸிஜனை உட்கொள்வதற்காக சௌசர் கரைசல் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதில் இரும்புத் தூள், கந்தகத் தூள், தண்ணீர் ஆகியவை உள்ளன. குப்ரஸ் குளோரைடு ($CuCl$) சாதாரண உப்பு ஆகிவற்றின் கரைசலேயும் பயன்படுத்தலாம். அல்லது குரோமஸ் குளோரைடின் கரைசலேயும் ($CrCl_2$) பயன்படுத்தலாம். பாஸ்வரத்தையும் (கோடை காலத்தில் அபாயகரமானது) பயன்படுத்தலாம்.

[2] இந்தத் திரவம் கார்பனிக அமிலத்தை உறிஞ்சாது. ரசாயனத்தில் இது போன்ற திரவங்களுக்கு உதாரணங்கள் உள்ளன.

அளவு காற்று(b)விரிவடைந்து அமிலத்தை அழுத்தும். இதனுல் அமிலம் குழாயினுள் ஏறிப் புனலுக்கு வரும் (ஆரம்பத்தில் m என்ற மட்டத்தில் இருந்த அமிலம் n என்ற மட்டத்தை அடையும் படம் 65—B). ஆனுல் இங்கே அமிலம் சலவைக்கல் அல்லது சாக் உருண்டையை எதிர்ப்பட்டு அதிலுள்ள கார் பனிக அமிலம் வெளிவிடப்படுமாறு செய்யும்.[1] இந்தக் கார் பனிக அமிலம், உட்கொள்ளப்பட்ட ஆக்ஸிஜனின் இடத் தில் நிறையும். காற்றின் அழுத்தம் பழைய அளவை அடை யும் வரை கார்பனிக அமிலம் வெளிவந்து கொண்டிருக்கும். இப்பொழுது ஜாடியில் உள்ள காற்று (b) முந்திய கன அளவை அடையும், அமிலம் n மட்டத்திலிருந்து மறுபடி m மட்டத் திற்குச் செல்லும். இப்பொழுது எல்லாம் அமைதி அடையும். இந்நிலே பேஸினில் உள்ள திரவம் மறுபடியும் ஆக்ஸிஜனே உட்கொண்டு மணி ஜாடியில் உள்ள காற்றுக்கும்(a) ஜாடியில் உள்ள காற்றுக்கும் (b) இடையே சமனிலேயைக் குலேக்கும் வரை நீடிக்கும். இந்த உபகரணத்தைச் செயற்கை விலங்கு என்று நான் அழைத்தது சரிதானே. அது சுவாசிக் கிறது, ஆக்ஸிஜனே உட்கொள்ளுகிறது, அது கார்பனிக அமிலத்தை அனேகமாகச் சம அளவுகளில் வெளி விடுகிறது. தாவரம் மணி ஜாடியின் மேற்பகுதியில், முக்காலி ஒன்றின் மீது வைக்கப்படுகிறது. இந்த உபகரணம் வெளி விடும் கார் பனிக அமிலத்தைப் பயன்படுத்தும், தான் ஆக்ஸிஜனே வெளி விடும். இந்த ஆக்ஸிஜனே உபகரணம் Bன் பேஸினில் உள்ள திரவம் மறுபடியும் உறிஞ்சுகிறது. சுருக்கமாகக் கூறினுல், தாவரங்களுக்கும் விலங்குகளுக்கும் உள்ளது போல, தாவரத் துக்கும், B என்னும் உபகரணத்திற்கும் இடையே தொடர்ச்சி யான பொருள் பரிமாற்றம் நடைபெறும். மணி ஜாடியினுள் உள்ள தாவரத்துக்கு அவ்வப்பொழுது தொடர்ந்து கார்பனிக அமிலம் கிடைக்கும். சலவைக்கல் உருண்டை முழுவதும் கரையும்வரை தாவரத்துக்குக் கார்பனிகஅமிலம் கிடைக்கும். இது சில நாட்களுக்கு அல்லது சில வாரங்களுக்கு நடை பெறும். சலவைக் கல்லுடன் நேரடித் தொடர்பு கொள்ளாம லேயே தாவரம் அதை முழுவதும் கறவித் தீர்த்து அதில்

---

[1] விரிவுரை III ஐக் காணவும்.

உள்ள கார்பனிக அமிலத்தை உணவாகப் பயன்படுத்த முடி கிறது.[1] மணி ஜாடியில் எல்லாம் சரியாக நடக்கின்றனவா, அதாவது, கார்பனிக அமிலம் வெளிவிடப்பட்டு தாவரத் தால் சிதைக்கப்படுகிறதா என்று தெரிந்துகொள்ள, B என்ற உபகரணத்தில் பின்வரும் அமைப்பு பொருத்தப்படுகிறது. இரு முறை வளைந்துள்ள C என்னும் குழாயினுள் (படம் 65—Cல் அதிக விவரமாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது) ஒரு துளி பாதரசம் ஊற்றப்படுகிறது. காற்று b விரிவடைவதன் காரணமாக (படம் 65—B) புனலில் அமிலத்தின் மட்டம் mலிருந்து nக்கு உயரும் போதெல்லாம் C என்னும் குழாயிலுள்ள பாதரச மட்டம் m' லிருந்து n'க்கு உயருகிறது. சாதாரண மின்சார மணியுடன் இணைக்கப்பட்ட மின்காப்பிட்ட இரண்டு கடத்திகள் (படம் 65—C) இந்தக் குழாயின் திறந்த நுனிக்குள் புகுத்தப் பட்டுள்ளன. ஒரு கடத்தி எப்பொழுதும் பாதரசத்தினுள் மூழ்கியுள்ளது. மற்றொன்று சற்று உயரத்தில் உள்ளது. இது பாதரசம் n' மட்டத்திற்கு வரும் பொழுதுதான் அதைத் தொடுகிறது. இது நிகழ்ந்தவுடன், மின்சுற்று பூர்த்தியாகி விடு கிறது. உடனே மணி அடிக்கிறது. மணி ஜாடியில் மிகக் குறைந்த அளவு கார்பனிக அமிலம் இருக்கும் பொழுது மட்டுமே சலவைக் கல்லிலிருந்து அது வெளிவிடப்படும் விதத்தில் உபகரணத்தை எளிதாக முறைப்படுத்த முடியும். இதனால் கார்பனிக அமிலம் வெளிவிடப்படும் பொழுதெல்லாம் மணியோசை கேட்கும். அமிலம் பழைய மட்டமான m அடையும் பொழுது கார்பனிக அமிலம் வெளிவருவது நின்று விடுவதுபோல, பாதரச மட்டம் முதல் நிலைக்கு இறங்கி மின் சுற்று விட்டுப் போனதும் மணி அடிப்பதும் நின்று விடும். ஆனால் உபகரணத்தில் உள்ள ஏதேனும் குறை காரணமாகக் கார்பனிக அமிலம் குறிப்பிட்ட காலத்தில் வெளி விடப்படா விட்டால், மணி தொடர்ந்து அடித்துக்கொண்டே இருக்கும். இந்த உபகரணம் வேலை செய்வதை உங்களுக்குக் காட்ட என்னால் முடியாததற்கு வருந்துகிறேன். இதற்குரிய காரணத்

[1] சலவைக் கல் உருண்டையை அவ்வப்பொழுது நிறுப்பதன் மூலம், எவ்வளவு கார்பனிக அமிலத்தைத் தாவரம் குறிப்பிட்ட காலத்தில் பயன்படுத்தியுள்ளது என்று கண்டு பிடிக்கலாம்.

தை நான் ஏற்கனவே பல தடவை கூறியுள்ளேன். அதன் செயல் தாவரம் ஆக்ஸிஜனை வெளிவிடுவதைப் பொறுத்துள்ளது. இச்செயல் பகலில்மட்டும்தான் நடைபெறுகிறது. ஆனால் உபகரணம் எப்படி வேலை செய்கிறது என்பதைப் பற்றி உங்களுக்கு நான் ஒருவாறு கூற முடியும். மணி ஜாடியில் (a) உள்ள காற்றை விரைவாகக் குளிரச் செய்தால், உபகரணம் ஆக்ஸிஜனை உறிஞ்சும் பொழுது நிகழ்வது போல, அதில் உள்ள காற்றின் கன அளவு குறையும். உபகரணம் பழுதின்றி இருந்தால் கன அளவு இவ்வாறு குறைவதைத் தொடர்ந்து முன்போன்ற விளைவுகள் ஏற்பட வேண்டும்—சலவைக் கல் கார்பனிக அமிலத்தை வெளிவிட வேண்டும், மணி அடிக்க வேண்டும். மணி ஜாடியில் உள்ள காற்றை விரைவாகக் குளிரச்செய்ய அதில் சிறிதளவு ஈதரைத்தெளித்திருக்கிறேன். இதனால் காற்று குளிர்ந்து, அதன் கன அளவு குறைந்துவிட்டது. அமிலத் தம்பம் சலவைக் கல்லை நனைத்துவிட்டது. சலவைக்கல் நுரைத்துப் பொங்கி கார்பனிக அமிலத்தை வெளிவிடுகிறது. இதனால் மணி உடனே அடிக்கிறது. சொற்ப நேரக் குளிர்விப்பின் விளைவு முடிந்துவிட்டது. வழக்கமான ஒழுங்கு மறுபடி நிலைநாட்டப் பட்டுவிட்டது. மணி அடிப்பது நின்றுவிட்டது.

இப்பொழுது இந்த முறையில், தாவரத்துக்குத் தேவையான கார்பனிக அமிலம் குறையும் அபாயம் நேரும் ஒவ்வொரு தடவையும், B என்னும் உபகரணத்திலிருந்து அது வெளிவிடப்படுகிறது. இதைத் தொடர்ந்து மணியோசை கேட்கிறது. உபகரணத்தில் கோளாறு ஏற்பட்டால், கார்பனிக அமிலம் வெளிப்படுவது நின்றுவிட்டால், மணி தொடர்ந்து ஒலிக்கிறது.

ஒவ்வொரு தடவை பசிக்கும் பொழுதும், பட்டினி கிடக்கும் அபாயம் மட்டுமே எதிர்ப்படும் போதுங்கூட, தாவரம் மணியோசையின் மூலம் நமக்கு அதைத் தெரிவிக்குமாறு செய்ய முடியுமா என்று சில நிமிடங்களுக்கு முன் நான் கேட்டிருந்தால் நீங்கள் அதைப் பொருத்தமற்ற வேடிக்கை என்றே எண்ணியிருப்பீர்கள். ஆனால் நமது உபகரணத்தின் முக்கியத்துவம் இதுதான். தாவரத்தின் செய்கை காரணமாகவே, கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைத்து

ஆக்ஸிஜனை வெளிவிடும், தாவரத்தின் திறன் காரணமாகவே அது தொடர்ந்து வேலை செய்கிறது. உணவு ஒழுங்காகக் கிடைத்துக் கொண்டிருக்கும் போது சற்றைக்கொருதரம் குறுகிய மணியோசை மூலமும், பட்டினி ஆபத்து எதிர்ப்படும் போதெல்லாம் உதவி கோரி அபாய மணி அடித்தும் தாவரம் நமக்குத் தகவல் தெரிவிக்கும் படி செய்வதற்கு இந்தத் திறமையை நாம் பயன்படுத்துகிறோம். சுருங்கக் கூறின், தாவரம் எப்படி வாழுகிறது என்பதைத் தாவரம் தானே வழக்கமான ஒலிகளின் வாயிலாக நமக்கு அறிவிக்கும்படி செய்கிறோம்.

இந்த விரிவுரையின் ஆரம்பத்தில் எழுப்பிய வினாவிற்கு ஆம் என்ற பதிலை நாம் இப்பொழுது கூறலாம். தாவரம் வாழ்வதை நம்மால் பார்க்கவும் முடியும், கேட்கவும் முடியும். இச்செயல்முறையில் பல்வேறு கட்டங்களை ஆராயப் பல பரிசோதனைகளை நாம் பயன்படுத்தினோம். இவற்றிலிருந்து இயற்கையை ஆராய நாம் என்னென்ன உபாயங்களைக் கையாள வேண்டும் என்ற விவரமும் நமக்குத் தெளிவாகத் தெரிய வந்தது. நாம் செயலின்றி இயற்கையை உற்று நோக்குவதோடு மட்டும் திருப்தி அடைந்து விடவில்லை, நாம் இயற்கையுடன் போராடுகிறோம். இதற்கான பல்வகை உபகரணங்களையும், வழி முறைகளையும் பரிசோதனைக் கலை நமக்கு அளிக்கிறது. தாவரம் ஊமை, அது நமது கேள்விகளுக்கு விடை அளிக்காது. அதை நாம் எழுதும்படி செய்கிறோம். அது பேசமுடியாது. எனவே அதை மணி அடிக்கும்படி செய்கிறோம். கேட்கப்பட்ட வினாவுக்கு ஏதாவதொரு வழியில் நாம் அதனிடமிருந்து விடை பெறுகிறோம். இந்தப் பரிசோதனைக் கலையை ஏதோவொரு இயந்திரத் தன்மை வாய்ந்த செயல், தத்துவரீதியான சிந்தனைக்குக் கீழானது என்று கருதுவது சரியல்ல. ஆனால் இத்தவற்றைப் புகழ்பெற்ற கோதே கூடச் செய்தார். உண்மையை ஆராய்வதற்கான இரண்டு வழிகளுக்கு இடையே, அறிவாராய்ச்சிக்கும் பரிசோதனைக்கும் இடையே, ஏதோ துவந்துவம், ஏதோ ஒவ்வாமை இருப்பதாகப் பாவித்துக்கொண்டு அவர் தமது நாடகக் காவியத்தின் கதாநாயகன் பவுஸ்ட் இயற்கையைப் பற்றிப் பின்வரும்படி கூறுமாறு அமைத்தார்:

''ஒளிவீசும் நண்பகலில்
உயர்மருமக் கனவுகளால்
நிறைந்திருப்பாள்,
அளியாள் நீ அவள் போர்வை
அதைப் பறிக்க வாய்ப்பெதுவும்
இயற்கை அன்னை.
கருக்கிடு கூர் அறிவினிலே
கதித்திடவே அவள் அருளால்
தாரா உண்மை,
நெருக்கிடு கிட்டிகளாலும்
நெம்புகோல்களாலும் நீ
பெற்றிடாயே.''

உண்மையில், நெம்புகோலும் கிட்டியும் இயற்கையிடமிருந்து மர்மங்களை வலிந்து பெறவில்லை. இதைச் செய்தது, ஆராய்ச்சியாளரின் தீர்க்கதரிசனம் வாய்ந்த சிந்தனையும் உறுதியான மனத்திண்மையும் தான். ஆராய்ச்சிக்கு உதவும் கருவி, அதனால் உறுதிப்படுத்தப்படும் தத்துவம் போன்றே படைப்புச் சிந்தனையின் சிருஷ்டி ஆகும். அதே சிந்தனையின் பருவடிவே கருவி. தன் சக மனிதர்களிடமிருந்து உண்மையை வலிந்து பெறுவதற்காக, மனிதன் வீணுகக் கையாண்ட அவமானச் சின்னங்களான சித்திரவதைக் கருவிகள் தொகுத்து வைக்கப்பட்டிருப்பதை ஐரோப்பாவின் எந்தப்பழைய நகரிலும்நெடுங்காலமாகவே காணலாம். ஆனுல் இயற்கையுடன் தனது போராட்டத்தில், அதனிடமிருந்து ஒன்றன் பின் ஒன்ருகப் பேருண்மைகளைப் பெற்ற வெற்றிகரமான போராட்டத்தில், மனிதன் மூன்று நூற்ருண்டுகளாகப் பயன்படுத்திய பெருமை தரும் கருவிகளை ஒரே இடத்தில் சேர்த்து வைக்க வேண்டும் என்ற எண்ணம் 1876ம் ஆண்டில் தான் முதன் முறையாக எழுந்தது.[1] இது வியப்பாக

[1] 1876ம் ஆண்டில் லண்டனில் பொருட்காட்சியொன்று நடந்தது. இதில் பரிசோதனை இயல்களில் பயன்படுத்தப்படும் கருவிகள் இடம் பெற்றிருந்தன. அக்கறைக்குரிய சரித்திரப் பகுதியில் பிரபல விஞ்ஞானிகள் ஆராய்ச்சிக்குப் பயன்படுத்திய உபகரணங்கள் இருந்தன.

இல்லையா? கற்றவர்கள் ஏதோ தவளை, அல்லது புல்லை ஆராய்ச்சிக்குரிய பொருளாக எடுத்துக்கொள்வது பற்றி வெகுளித்தனமாக வியப்படையும் மக்கள் எவ்விதப் பொறுப்புமின்றி பேசுவதைக் கேட்கும் பொழுது வியப்பாக இல்லையா? அல்லது இயற்கையைப் பற்றி அறிவதால் மனதில் ஜடப் பொருள் பற்றிய சிந்தனை அதிகமாகிறது என்றும், அதனால் மனது உயர்ந்த பிரச்சினைகளிலிருந்து வேறு புறம் திருப்பப்படுகிறது என்றும், குறுகி இழிநிலை அடைகிறது என்றும் அவர்கள் வைக்கும் ஒப்பாரியைக் கேட்கும் பொழுது நமக்கு வியப்பாக இல்லையா? இதைக் கூறும் பொழுது அவர்கள் வருத்தத்துடன் பழமையை எண்ணிப் பார்க்கிறார்கள். ஏதோ அந்தக் காலத்தில் மனித அறிவு மிகச் சிறந்த விஷயங்களிலேயே ஈடுபட்டது போல அவர்கள் எண்ணுகிறார்கள். இத்தகைய கண்டனம் நியாயமானதா? இயற்கை விஞ்ஞானங்கள் அறிவைக் குறுகவும் இழிநிலை அடையவும் செய்கின்றன என்பது உண்மையா? இந்த விஞ்ஞானங்கள் மனிதன் ஈடுபடுவதற்கு மற்றவற்றைவிடத் தகுதியில் குறைந்தவையா? ஆனால், நாம் சற்று முன்பு கண்டபடி, இந்த இயற்கை விஞ்ஞானங்கள் பொன்னான பழங்காலத்தில் அமரர்களான கடவுளர் மட்டுமே செல்ல உரிமை பெற்றிருந்த பிரதேசங்களை மனிதன் அடைவதற்குச் சில சமயங்களில் வாய்ப்பு அளிக்கின்றன.

VIII

பூவும் கனியும்

தாவரங்களில் கலவி இனப் பெருக்கமும், கலவியிலா இனப் பெருக்கமும். பூ. பூவின் முக்கியப் பகுதிகள்—சூலும் மகரந்தத்தூளும். கருவுறல். தாழ்நிலைத் தாவரங்களில் கருவுறல். பூக்கும் தாவரங்களில் கருவுறலுக்குரிய தகவமைப்புக்கள்.

பூவின் அவசியமில்லாதவை எனப்படும் உறுப்புக்களின் வேலை. தற்கருவுறலும் அயற்கருவுறலும். காற்று, பூச்சிகள் ஆகியவற்றின் ஒத்துழைப்பு. பூச்சிகளைக் கவர்ச்சி செய்யும் பூவின் பகுதிகள். பூச்சிகளால் அயல் கருவுறலுக்குத் தகவமைப்பு பெற்ற பூக்களின் விசேஷ உருவங்கள். செயற்கைப் பயிர் வகைகளை உற்பத்தி செய்வதில் கலையின் பங்கு. தேர்வின் நோக்கம். கலவி இனப் பெருக்கச் செயல் முறையின் தன்மை பற்றிய உடலியல் அறிவு போதாமை.

பல்வேறு வகைப் பழங்களும் அவை காற்று, நீர், விலங்குகள் ஆகியவற்றால் பரவுதலும். பழத்திலேயே விதை முளைக்கும் தாவரங்கள். விதை பரவுதல்: மஞ்சள் வேல், தொட்டால் சுருங்கி, பீச்சும் வெள்ளரி. காற்றின் மூலம் பரவுதல்: சிறகுக் கனி, கனிக்குடுமி. நீரின் மூலம் பரவுதல்: தேங்காய். விலங்குகளால் பரவுதல்: ஒட்டும் கனிகளும், உண்ணக் கூடிய கனிகளும். மிஸல்டோ புல்லுருவி. தானாக ஊன்றிக்கொள்ளல்: வினேரியா, இறகுப் புல். தாவரங்கள் அறிவுள்ளவையா?

தாவரத்தின் திண்மப் பகுதிகளை ஆக்குவதில் செலவிடப் படும் ஊட்டப் பொருள்கள் வளர்ச்சி என்னும் நிகழ்ச்சியில் தங்கள் இறுதி நோக்கத்தை அடைகின்றன. தாவரத்தின் வாழ்க்கை ஊட்டம், வளர்ச்சி என்னும் இரு செயல்களைக்

கொண்டுள்ளது. தாவரம் வளர்வதற்காக உணவை உட்கொள்ளுகிறது. உணவை உட்கொள்ளுவதற்காக, அதாவது உணவை உட்கொள்ளும் உறுப்புக்களின் பரப்பை அதிகப்படுத்துவதற்காக அது வளர்கிறது. இவ்விரு ஒன்றிணைந்த செயல்முறைகளும் நீண்ட காலம் நடைபெறலாம். சில தாவரங்களில் இவை ஆயிரக் கணக்கான வருடங்கள் நீடிக்கின்றன. இருப்பினும், இவை ஒரு குறிப்பிட்ட இறுதி எல்லையைக் கட்டாயமாக அடைகின்றன. இவ்வித எல்லை அல்லது வரம்பிற்குரிய அவசியத்தை நாம் விளக்க முடியவில்லைதான். ஒரே தாவரம் ஏன் நீண்ட நாள் அந்தமில்லாமல் இருக்கக் கூடாது என்பதற்கும் நாம் விளக்கம் கூற முடியவில்லை. ஸ்ட்ராபெரி போலத் தரை மட்ட ஓடு கொடிகளையோ கோரைப் புல் போல மட்டத்தண்டுக் கிழங்குகள் எனப்படும் தரைக் கீழ்த் தண்டுகளையோ உண்டாக்கும் தாவரம் ஒன்றை நாம் எடுத்துக்கொள்வோம். இந்தப் புதிய பகுதிகள் நாற்புறமும் சென்று மிக விரிவான இடத்தில் பரவுகின்றன. பழைய பகுதிகள் இறந்து விடும். இதையொட்டி அவற்றிற்கும், இளம் பகுதிகளுக்கும் உள்ள தொடர்பு அறுந்து விடும். இவை தனிப்பிரிந்து விடும். ஆனால் அவை ஒரே தாவரத்தின் உறுப்புக்களாகவே விளங்கும்; தாவரம் ஒரு முனையில் நசித்து விட்ட போதிலும் மறு முனையில் தொடர்ந்து வளரும். மரங்களிலிருந்து இதற்கு ஒரு உதாரணம் காண்போம். பிரசித்தமான இந்திய அத்திச் சாதி மரமான ஆலமரம் தன் நீண்ட கிளைகளிலிருந்து விழுதுகள் எனப்படும் இடம் மாறி வந்த வேர்களை உற்பத்தி செய்கிறது. இவை தரையை அடைகின்றன. இவை தடிப்பாகி, கிளைகளுக்குத் தூண்கள் போன்று ஆதாரமாக விளங்குகின்றன. அதோடு இவை கிளைகளுக்குத் தேவையான உணவையும் கொடுக்கின்றன. இந்த முறையில் ஒரு தனி மரம் பல ஏக்கர்கள் பரப்பளவுள்ள நிலத்தை அடைத்துக்கொள்ளலாம். இங்கும் முக்கிய அடிமரம் அழிந்துவிடலாம். ஆனால், நிரந்தரமாக வேர் விட்டு விட்ட கிளைகள் முடிவற்ற காலம் தொடர்ந்து வாழ்வதற்கு இதனால் எவ்விதத்தடையும் இருக்காது என்று எண்ணுகிறேன். இம்மரத்தின் இனவிருத்தி செய்யும் திறன் இவ்வாறு பரவுவதுடன் நின்றுவிடவில்லை. இத்திறன் வேறு விதத்

திலும் வெளிப்படுகிறது. இலைகளுள்ள தண்டுகள் போன்ற முழுப் பகுதிகள் புதிய வடிவம் பெற்றுத் தாய்த் தாவரத்திலிருந்து பிரிந்துவிடலாம். உதாரணமாக, ஆம்பல் செடியின் தண்டிலும், இலைக் கக்கத்திலும் பூண்டுகள் தோன்றுகின்றன. உருளைக் கிழங்கின் தரைக் கீழ்த் தண்டுகளில் தண்டுக் கிழங்குகள் தோன்றுகின்றன. இவற்றில் வடிவத்தில் மட்டும் மாறுபட்ட கிளைகளையே காண்கிறோம். இது போன்ற உறுப்புக்களிலிருந்து தோன்றும் தாவரங்களை நாம் ஒரே தாவரத்திலிருந்து பிரிந்து தனியாகிவிட்ட கிளைப் பகுதிகள் என்றே கருதலாம். இவை தாய்த் தாவரத்திலிருந்து பிரிவதற்குக் காரணம், அதற்கே உரிய விரைவான பரவுதலே ஆகும். இவை போன்ற ஊட்ட இனப்பெருக்க முறைகள், தனித் தாவரம் நிரந்தரமாக நிலைத்து வாழ்வதற்கு வகை செய்யப் போதுமானவையாகத் தோன்றலாம். ஆனால் விஷயம் வேறு விதமாக உள்ளது. தாவரத்தின் வாழ்க்கை ஒரே திசையை நோக்கி முடிவின்றி நீடிக்க முடியாது என்பது நடைமுறை. அதன் பாதையில் அவ்வப்பொழுது தடை ஏற்படுவது நியதி. அது மறுபடியும் வந்த பாதையிலேயே திரும்பிச் சென்று, ஆரம்பத்திலிருந்து, ஒரு உயிரணுவிலிருந்து தொடங்கி அதே பாதையை அதே தொடர் வரிசையில் பின்பற்றுகிறது. சுருக்கமாக, விலங்கு, தாவரம் ஆகியவற்றின் வாழ்க்கையில் இன்றியமையாத தலைமுறைத் தொடர்ச்சியையும், ஒவ்வொரு தலைமுறையிலும் நாம் வயது என அழைக்கும் பல் வேறு வளர்ச்சிக் கட்டங்களின் மாற்றமுடியாத கிரமத்தையும் நாம் காண்கிறோம். இது போன்று அவ்வப்பொழுது புதுப்பித்துக்கொள்வதற்கு ஒன்று அல்ல, இரு உயிர்கள் புதிய அங்கஜீவியை உருவாக்குவதில் பங்கு பெற வேண்டியிருக்கிறது. இதுதான் கலவி இனப்பெருக்க நிகழ்ச்சி. நீர்ப் பாசியிலிருந்து தொடங்கி மனிதன் வரை, அங்கக ஏணியின் ஒவ்வொரு படியிலும் கலவி இனப்பெருக்கம் ஒரே நிகழ்ச்சியாக விளங்குகிறது. அதாவது, இரு உயிர்கள், இரு வாழ்க்கைகள், அடிப்படையில் இரு உயிரணுக்கள் கலந்து ஒன்றுவது ஆகும்.

தாவரங்களின் வாழ்க்கை நிலை பெற வேண்டுமானால், காலா காலங்களில் கலவி மூலம் புதுப்பித்தல் நிகழ வேண்டி

யது அவசியம் என்ற இந்த முடிவைப் பின்வரும் உண்மை நிரூபிக்கிறது. ஒரு வகையில் சொன்னால் அங்கக உலகின் வெளி எல்லையில் இருக்கும் மிகத் தாழ்நிலைத் தாவரங்கள் தவிர, ஊட்டச் செயல்முறையால், அல்லது பொதுவாகக் கூறப் படுவது போல, கலவியிலா இனப்பெருக்கச் செயல்முறை யால் மட்டுமே தன் வாழ்க்கையை நிலை நிறுத்திக்கொள்ளும் ஒரு தாவரக் குழுவைக் கூட, கலவி இனப்பெருக்க முறை யையும் மேற்கொள்ளாத ஒன்றைக் கூட நாம் அறியோம்.

தாவர உலகில் இச்செயல்முறை எந்த வடிவத்தில் நடைபெறுகிறது என்று அறிந்துகொள்வோம்.

முதன் முதலாக, இரு பால்கள் இருப்பது ஒரு சில தாவரங்களில் மட்டுமே, பிரதானமாகப் பூ உள்ள தாவரங் களில் தான், கவனிக்கப்பட்டது. எனவேதான் பூவாத **மறைமணத்** தாவரங்களிலிருந்து வேறுபடுத்த, இவற்றைத் **தெளிவுமணத்** தாவரங்கள் என்று லின்னேயஸ் என்னும் தாவரவியல் அறிஞர் பதினெட்டாம் நூற்றாண்டில் அழைத் தார். தற்காலத்தில் மறைமணத் தாவரங்கள் என்ற பெயர் பொருத்தமில்லை என்று நிரூபிக்கப்பட்டுவிட்டது. ஏனென் றால், கலவி இனப்பெருக்கம் மிக எளிமையான தாவரங்கள் தவிர (இவ்வித எளிமையான தாவரங்களில் இச்செயல் ஒரு வேளை நிகழுவதே இல்லை போலும்) எல்லாத் தாவரங்களிலும் நிகழுகிறது என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

இச்செயல் பூவில்தான் நிகழ வேண்டும், கனியும் விதை யும் அதாவது கருநிலைத் தாவரம் இச்செயலின் விளைவே என்ற கருத்து நீண்ட காலத்திற்கு முன்பே தோன்றியது. ஆனால் விஞ்ஞான ரீதியான கொள்கையாக இது சுமார் இரண்டு நூற்றாண்டுகளாகத்தான் வழங்கி வருகிறது.

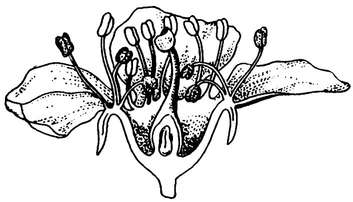
இரண்டு வெவ்வேறு விதமான பூக்கள் ஒரே வகையைச் சேர்ந்த இரண்டு தனித் தனித் தாவரங்களில் உள்ளன என்ற உண்மை இக்கருத்திற்கு அடிப்படையாக இருக்கலாம். உதாரணமாக வில்லோ, ஆஸ்பென், ஜூனீபர், நற்சணல் போன்ற மரங்களும் செடிகளும் இவ்வகையைச் சேர்ந்தவை. இந்தத் தாவரங்கள் யாவும் இரண்டு விதமான பூக்களை உற்பத்தி செய்கின்றன. காய் காய்க்கும் பூக்கள் ஒருவகை, கேச ரங்கள் மட்டுமுள்ள பூக்கள் மற்றொரு வகை. கேசரப் பூக்கள்

பழங்களாக மாறா, ஆனால் முதல் வகைப் பூக்களில் பழங்கள் உருவாவதற்கு உதவுகின்றன. இந்த விஷயத்தில் மனிதனது கவனத்தைக் கவர்ந்தது பேரீச்சமரம் ஆகும். பாபிலோனியாவில் இருந்த சந்தை வியாபாரிகளும் பிற்கால அரேபியர்களும் இம்மரத்தின் ஆண் பூக்களை மட்டும் விலைக்கு விற்பதுண்டு என நாம் படிக்கிறோம். வாங்குபவர்கள் இப்பூக்களை மகரந்தச் சேர்க்கைக்காகப் பெண் பூக்களிடையே கட்டித் தொங்க விடுவார்களாம். ஏனென்றால் இவ்வாறு செய்வதால் மரங்களில் விளைச்சல் மிக அதிகமாவது காணப்பட்டதாம். சூலகம் உள்ள பூக்களை நாம் பெண் பூக்கள் என்று அழைக்கிறோம். இப்பூக்கள், அல்லிகள் உதிர்ந்த பின்பு, காய்களாக மாறுகின்றன. கேசரங்கள் மட்டும் உள்ள பூக்களை நாம் ஆண் பூக்கள் எனக் கூறுகிறோம். இந்தக் கேசரங்கள் இன விருத்தி செய்யும் தன்மையுள்ள தூளான மகரந்தத்தை உற்பத்தி செய்கின்றன, பூக்கள் உதிரும் பொழுது இறந்துவிடுகின்றன. எல்லாத் தாவர வகைகளிலும் ஆண் பெண் பூக்கள், அல்லது கேசரப் பூக்களும் சூலகப் பூக்களும் தனித் தனித் தாவரங்களில் இருப்பதில்லை. பல தாவரங்களில் அவை ஒரே தாவரத்தில் வளருகின்றன. உதாரணம்: பிர்ச், ஓக், பைன், சோளம். மேலும், பெரும்பாலான தாவரங்களில், கேசரங்களும் சூலகங்களும் ஒரே பூவில் காணப்படுகின்றன. இவ்விதப் பூக்கள் இரு பாற்பூக்கள். படம் 66ல காட்டப் பட்டுள்ள பூ இவ்விதமானது.

கனியை உருவாக்குவதில் கேசரங்கள் ஆற்றும் பங்கு என்ன என்பதைப் பார்ப்போம். நாம் முதல் விரிவுரையிலேயே கண்டது போல, மிக முழுமையான வடிவத்தில் கேசரம் ஏறத்தாழ நன்கு வளர்ந்த தாள் ஆகும். இதன் நுனியில் செவ்வக வடிவான இரண்டு பைகள் பொருந்தியுள்ளன. இப்பைகள் நீளப் போக்கில் வெடித்து ஒரு வகைத் தூளைச் சிந்துகின்றன. வழக்கமாக இந்தத் தூள் மஞ்சள் நிறமானது. இம்மாதிரித் தூள் கணிகம் ஒவ்வொன்றும் பொதுவாக கோள வடிவமும் இரட்டைச் சுவர்களும் உள்ள உயிரணு: வெளிச் சுவர் தடிப்பாகவும் சாதாரணமாக மிகுந்த சித்திரப் பாங்குடனும் இருக்கும். உட்சுவர் மெல்லிதாகவும் எளியதாகவும் இருக்கும். வெளிச் சுவரில் வழக்கமாகச் சில துளைகள்

உள்ளன. இத்துளைகளுக்கு மூடிகள் இருக்கும். இம்மூடிகள் சமயம் ஏற்படும் பொழுது திறக்கும்.

மிக எளிய, ஒழுங்கான வடிவத்தில் சூலகம் பாட்டில் போன்று காட்சி தரும் (படம் 66,67). இதன் பெரிய சூல றை உட்புறம் குழிவானது. அதில் சூல்கள் ஒன்றோ, சிலவோ அல்லது கசகசாப் பூவில் போன்று பெருந்தொகையாகவோ இருக்கும். நீண்ட பகுதியான சூல்தண்டில் அபூர்வமாகக் குழலோடி இருப்பதுண்டு. ஆனால் பெரும்பாலும் சூல்தண்டு கெட்டியானது. ஆனால் அதன் திசு துளையுள்ளதாகவும்,



படம் 66

கடற்பஞ்சு போன்றும் உள்ளது. அதன் உயிரணுக்கள் ஒன்றோ டொன்று நெருங்கிய தொடர்பு இன்றி இடைவெளிகள் கொண்டிருக்கும். சூல்தண்டின் உச்சியில் அகன்ற பகுதி ஒன்று இருக்கிறது. இது பித்தானைப் போன்று தட்டையாக இருக்கலாம் அல்லது இறகு போன்று நுண்கிளை விட்டிருக் கலாம் அல்லது வேறு எந்த விதமான வடிவத்தையும் பெற் றிருக்கலாம். இப்பகுதி சூல்முடி என அழைக்கப்படுகிறது. இதன் மேற்பரப்பில் குட்டையான மயிர்கள் உள்ளன. இப்பகுதியில் பிசுபிசுப்பான திரவம் சுரக்கிறது. சூலறையில் உள்ள சூலை நீளப் போக்கில் வெட்டினால் கீழ்க்கண்ட தோற் றத்தைக் காணலாம். அண்டக்கரு எனப்படும் நடுப் பகுதி யைச் சுற்றி இரட்டைச் சுவர்கள் உள்ளன. இந்தச் சுவர் களின் ஒரு கோடி வழியாக அண்டக்கரு வரை ஒரு கால்வாய் செல்லுகிறது. இந்தக் கால்வாய், படம் 67ல் காட்டியுள்ள படி மேல் நோக்கித் திரும்பியிருக்கலாம் அல்லது கீழ் நோக் கியும் இருக்கலாம். இக்கால்வாய்க்கு அருகில் உள்ள அண்டக்

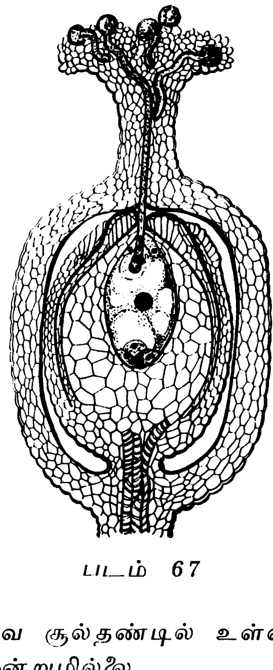
கருவின் பகுதியில், மிகப் பெரிய உயிரணு ஒன்று நம் கவனத்தை ஈர்க்கிறது. இதற்குப் பெயர் **முளைக்கருப் பை** என்பது (படம் 67). ஏனென்றால் இங்குதான் தாவரத்தின் **முளைக்கரு** உருவாகி வளர்கிறது. இதைப் பற்றி நாம் பின்னால் காணலாம்.

பூவின் கேசரம், சூலகம் ஆகிய இவ்விரு உறுப்புக்களின் கட்டமைப்பு பொதுப்படையாக இதுதான். மிக முக்கிய மான பகுதிகள்: ஒன்று சூல், இரண்டாவது மகரந்தத் தூள்; சூல் கருவுறுகிறது, மகரந்தத் தூள் கருவுறச் செய்கிறது.

கருவுறல் நிகழ வேண்டுமானால், மகரந்தத் தூள் முதலில் சூல்முடியின் மேற்பரப்பை அடைய வேண்டும். அங்குள்ள மயிர்கள், பிசுபிசுப்பான திரவம் ஆகியவை காரண மாக மகரந்தத்தூள் அதில் எளிதில் ஒட்டிக்கொள்கிறது. இந்தச் செயல் இயற்கையில் எப்படி நிகழுகிறது என்பது பற்றிப் பின்பு காண்போம். செயற்கைப் பயிர்த் தொழிலில், தோட்டக் கலையில் மகரந்தத் தூளைச் சூல்முடிக்குப் பிரஷ் மூலம் கொண்டு செல்வது சௌகரியமாக இருக்கிறது. இதற் குப் பின்பு என்ன நிகழுகிறது? சூல் முடியின் மேற்பரப்பிற் கும் சூலுக்கும் இடையே உள்ள தூரம் இன்னும் அதிகம். மகரந்தத் தூளின் பாதிப்பு சூல்களை எந்த வழியில் அடை கிறது? இந்தக் கேள்வி தாவரவியல் அறிஞர்களிடையே பல ஆண்டுகளாக ஆராயப்பட்டு வந்தது. இதற்குப் பல பொருந் தாத விளக்கங்கள் கொடுக்கப்பட்டன. மகரந்தத் தூள்கள் அமிழ்ந்து சூலகத்தை அடைகின்றன என்று கருதப்பட்டது. அவை சூல்முடியில் வெடித்து, தம் சத்தை வெளிப்படுத்து வதாகவும் அது சூல்களை அடைவதாகவும் மற்றொரு விளக்கம் தரப்பட்டது. அவை ஏதோ பரவும் ஆவிகளின் வாயிலாகத் தூரத்திலிருந்தே செயல்படுகின்றன என்றுகூடச் சொல்லப் பட்டது. இந்த அனுமானங்களில் ஒன்றேனும் பிரச்சினையைத் தீர்ப்பதற்குப் பயன்படவில்லை. கடைசியாக உருப் பெருக்கி மூலம் செய்த ஆராய்ச்சிதான் பிரச்சினையைத் தீர்த்தது.

மகரந்தத் தூள் சூல்முடியையோ அல்லது சர்க்கரைக் கரைசல் போன்ற தகுந்த திரவத்தையோ (ஆனால் நீரை அல்ல, நீரில் அது சாதாரணமாக வெடித்து விடுகிறது) அடை ந்தவுடன், முளைக்கத் தொடங்குகிறது. வெளிச் சுவரில் உள்ள

நுவாரங்களில் ஒன்றின் வழியாக, உட்சுவர் நீண்ட குழாய் போன்று துருத்துகிறது. இக்குழாயினுள் மகரந்தத் தூளின் சத்து நுழைகின்றது. இந்தக் குழாய் முன் முனையில் மேலும் மேலும் வளர்ந்து, மிகவும் நீளமாகிறது. அது முன்னே வளர வளர, அதன் பின் பகுதி இறந்துவிடுகிறது. இந்த **மகரந்தக் குழாய்கள்** சூல் தண்டின் துளையுள்ள திசு வழியாகச் செல்லுகின்றன. சில சமயங்களில், உதாரணமாக பல அங்குல நீளச் சூல்தண்டு உள்ள சப்பாத்தியில் போன்று, இவை அதிக தூரம் செல்லுகின்றன. சூலறையின் உட்புறத்தை அடைந்தவுடன், இக்குழாய்கள் சூல்களின் வாயிலுள்புகுந்து அதன் குழாய்வழியே அண்டக்கருவை நெருங்கி முளைக்கருப் பையைச் சேர்கின்றன. சூலில் உள்ள கால்வாயை மகரந்தக் குழாய்கள் தற்செயலாகத் தான் அடைகின்றன. ஆனால் இத் தற்செயல் மிக அடிக்கடி நிகழ்ந்து விடுகிறது. ஏனென்றால், சூலறையினுள் புகும் மகரந்தக் குழாய்கள் பொதுவாக ஏராளமானவை. இருப்பினும், உருப்பெருக்கி மூலம் உற்று நோக்கியதில் மகரந்தக் குழாய்கள் சூல்முடி அல்லது சூல் தண்டில் உள்ள திசுக்களுக்குப் போதிய அருகில் இருந்தால் அவை கவர்ச்சி செய்யப்படுகின்றன என்று தெரிகிறது. இத்திசுக்களைக் கொதி நீரில் இட்டுக் கொன்ற பிறகும் இவை மகரந்தக் குழாய்களைக் கவர்ச்சி செய்கின்றன. புதிய ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து, டையாஸ்டேஸ் போன்ற ஒரு சில பொருள்கள் இக்குழாய்களைக் கவர்ச்சி செய்ய முடியும் என்று தெரிகிறது. எனவே சூல்தண்டில் உள்ள இக்கவர்ச்சியில் விளங்காத மர்மம் ஒன்றுமில்லை.



படம் 67

இதற்கிடையே அண்டக்கருவில் பல மாறுதல்கள் நிகழு கின்றன. முளைக்கருப் பையின் மேற்பகுதியில், அதன் புரோட்

டோபிளாசத்திலிருந்து மூன்று சிறு உயிரணுக்கள் உருவாகின்றன. இந்த உயிரணுக்களுக்கு ஸெல்லுலோஸ் சுவர் இல்லை. எனவே இவை தனித்தனிக் கருக்கள் கொண்ட அடர்த்தியான புரோட்டோபிளாசக் கோளங்கள் ஆகும். இவற்றில் ஒன்று அண்டவணு அல்லது பெண்பாலணு. இதுதான் தாவரத்தின் வருங்கால முளைக்கருவின் மூலம். எனவே இது தான் நாம் தேடிக்கொண்டிருக்கும் ஆரம்ப உயிரணு. இதிலிருந்து விதைத்தூள் தாவரமாக இருந்தாலும் சரி, விதையுள்ள தாவரமாக இருந்தாலும் சரி, எல்லா விதமான தாவரங்களும் தோன்றுகின்றன.[1] சூலின் குழாய் வழியாக வந்து அண்டக்கருவைச் சேர்ந்ததும் மகரந்தக் குழாயின் முளை இந்த அண்டவணுவுடன் நெருங்கிய தொடர்பு கொள்வதற்கு ஏற்றவாறு அண்டவணு முளைக்கருப் பையின் மேற்புறத்தில் உள்ளது.

மிருதுவாக்கப்பட்டுக் கரைக்கப்பட்ட மகரந்தக் குழாயின் சுவர் வழியாக, கரு வெளி வந்து, முளைக்கருப்பையை (இதன் சுவரும் மிருதுவாக்கவோ கரைக்கவோ படுகிறது) அடைந்து அண்டவணுவின் கருவுடன் கலந்து ஒன்றுவது தான் கருவுறுதல் என்று சமீபகால ஆராய்ச்சிகள் நிரூபிக்கின்றன. இதில் அக்கறைக்குரிய விஷயம் யாதெனில், இச்செயல்முறையில் ஈடுபடும் குரோமாட்டின் கோல்களில் பாதி ஆண் கருவிலும் மற்றொரு பாதி பெண் கருவிலும் உள்ளவை என்பதுதான். இவை ஒன்றுவதனால் தோன்றும் முளைக்கருவின் முதல் கருவில் தாய் வழியில் வந்த குரோமாட்டினும், தந்தை வழியில் வந்த குரோமாட்டினும் அடங்கியுள்ளன. புதிய சந்ததிகளில் பெற்றோரின் பண்புகள் ஏன் கலந்துள்ளன என்பதற்கு இந்நிகழ்ச்சி தெளிவான விளக்கமாக அமைகிறது. பூக்காத தாவரங்களில் ஆண், பெண் உயிரணுக்களின் சத்துக்கள் ஒன்றாக இணைவது பற்றி நமக்கு இன்னும் தெளிவான சான்றுகள் கிடைக்கின்றன என்பதை விரைவில் காண்போம். இந்த நிகழ்ச்சியின் தன்மை, இதற்குரிய இரசாயன அடிப்படை ஆகியவை

[1]விரிவுரை I ஐக் காணவும்.

பற்றி நமக்கு அனேகமாக ஒன்றுமே தெரியாது. மகரந்தத் தூளில் அடங்கியுள்ள பொருள்களில் நொதிவிப்பி ஒன்று கண்டறியப்பட்டிருக்கிறது. தவிர, மகரந்தச் சேர்க்கையின் போது மலர்கள் அதிகரித்த ரசாயனச் செயலைப் பொதுவாக மேற்கொள்வது காணப்பட்டிருக்கிறது: அவை ஆர்வத்துடன் ஆக்ஸிஜனை உட்கொள்கின்றன, கார்பனிக அமிலத்தை வெளி விடுகின்றன. இந்த சுவாசிப்பை ஒட்டி முழு மலருடையவும், சிறப்பாகக் கேசரங்களுடையவும் உஷ்ணநிலை குறிப்பிடத்தக்க அளவு உயர்கிறது.

இருப்பினும், இந்த ஒன்றிப்பின் விளைவாக, முளைக்கரு உயிரணுவில் ஆக்க வேலை தொடங்குகிறது. அதைச் சுற்றி செல்லுலோஸ் சுவர் ஒன்று உருவாகிறது. அது தடுப்புச் சுவர் ஒன்றால் பிரிக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு அது ஒன்றுக்குப் பதில் இரண்டு உயிரணுக்கள் ஆகிறது. முதல் பிளவிற்குப் பின்பு இரண்டாவது, மூன்றாவது என மேலும் மேலும் பிளவு தொடர்ந்து நிகழுகிறது. முடிவில் பல உயிரணுக்கள் கொண்ட உடல் உருவாகி, முளைக்குருத்தாக வளர்கிறது. இதை நாம் முதல் விரிவுரையில் விதையைப் பற்றிக் கூறுகையில் எதிர்ப்பட்டோம். சில உதாரணங்களில் ஒரே விதையில் பல முளைக்கருக்கள் இருக்கலாம். இது அடிக்கடி நடைபெறுவதில்லை. எடுத்துக்காட்டாக ஆரஞ்சு விதையில் பல முளைக் கருக்கள் உள்ளன. ஆனால் அவற்றின் தோற்றம் தனித் தன்மை வாய்ந்தது. இங்கு அச்செயல்முறை பற்றி விவரிப்பது பயனற்றது. முளைக்கரு வளரும் பொழுது, சூலின் மற்றப் பகுதிகளான முளைக்கருப் பை, அண்டக்கரு ஆகியவற்றில் ஊட்டப் பொருள் சேமிப்புக்கள் திரட்டப்படுகின்றன. இது விதையில் முளைசூழ்தசை[1] என அழைக்கப்படும் பகுதியாக விளங்கும். உணவுச் சத்து நிரம்பிய முளைசூழ்தசையைத் தாய்ச்செடியில் இருக்கும் பொழுதே விதை உட்கொண்டு விடலாம். அவ்வாறானால் முதிர்ந்த விதையில் முளைசூழ்தசை இராது. உதாரணமாக அவரை விதை. மாறாக, முளைசூழ் தசை முதிர்ந்த விதையில் பாதுகாத்து வைக்கப்படலாம். உதாரணம், தானியங்கள், பக்வீட், கசகசா முதலியன.

---

[1] விரிவுரை III ஐக் காணவும்.

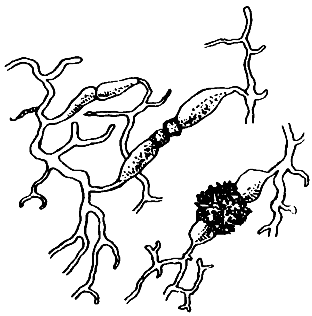
கருவுறுதலின் விளைவுகள், முளைக்கருவின் வளர்ச்சி, சூல் விதையாக மாறுதல் ஆகியவற்றுடன் நின்று விடவில்லை. இதன் விளைவுகள் சூலிலைக்கும் பரவுகின்றன. இது கருவுற்ற பின்பு வளர்ந்து, பழமாக மாறுகிறது.

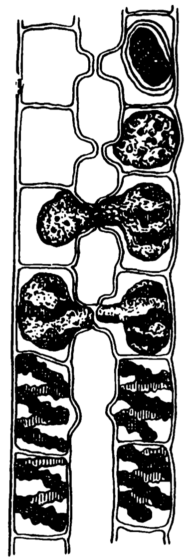
கருவுறல் என்னும் இந்நிகழ்ச்சியின் சம்பிரதாய ரீதியான, நமக்குத் தெரிந்த ஒரே ஒரு இயற்கை உருவ இயல் அம்சம் இத்தகையது ஆகும். இப்பொழுது, தாவர உலகின் மற்றொரு எல்லையில் உள்ள நீர்ப் பாசிகள், பூஞ்சணங்கள் போன்றவற்றில் நிகழும் இதே செயலைப் பற்றித் தெரிந்து கொள்வோம்.

இங்கு கண்ணுக்குத் தெரியாத பாசி ஒன்றுள்ளது. இது ஸ்பைரோகைரா. இதில் அதற்கே உரிய புரி வடிவான பச்சையப் பட்டைகள் உள்ளன (படம் 68, வலது பக்கம்). இந்தப் பாசியின் வளர்ச்சியின் ஒரு குறிப்பிட்ட கட்டத்தில், இந்த இழைகள் ஒன்றிற்கொன்று படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் ஒரு போகாக வருகின்றன. இவற்றில் உள்ள சில உயிரணுக்களின் பகுதிப் பொருள்கள் வட்ட அல்லது செவ்வக வடிவுள்ள சுருள்களாகத் தெரிகின்றன. அதே சமயம் அக்கம் பக்கமாக உள்ள இரண்டு உயிரணுக்களின் சுவர்களில் புடைப்புக்கள் உண்டாகின்றன. இவை ஒன்றையொன்று நோக்கி வளர்ந்து சந்திக்கின்றன. இவற்றிற்கு இடையே உள்ள தடுப்புச் சுவர் மறைகிறது. இரண்டு உயிரணுக்களின் சத்துக்களும் ஒன்று கலக்கின்றன. வலது பக்க உயிரணுவின் சத்து இடது பக்க உயிரணுவுக்குள்ளும் அல்லது இடது பக்க உயிரணுவின் சத்து வலது உயிரணுவுக்குள்ளும் செல்லுகிறது. இவ்வாறு உருவான கோள வடிவமான மொத்தையைச் சுற்றிச் சுவர் ஒன்று தோன்றுகிறது. அது விதைத்தூள் ஆகிறது. இது வெளி வந்தவுடன் முளைக்கும் தன்மையைப் பெறுகிறது. இதிலிருந்து புதிய ஸ்பைரோகைரா இழை ஒன்று தோன்றுகிறது.

இங்கு மிகவும் எளிமையான கருவுறுதல் செயல்முறையை நாம் காண்கிறோம். இரு உயிரணுக்கள் ஒரு புதிய உயிரணுவை உருவாக்க இணைகின்றன. இவ்வுயிரணு புதிய அங்கஜீவியைத் தோற்றுவிக்கப் பயன்படுகிறது. இதே நிகழ்ச்சியை இன்னும் எளிமையான முறையில் மிக நுண்ணிய காளானுள

பூஞ்சணத்தில் காண்கிறோம். பூஞ்சணத்தில் மிக அதிகமாகக் கிளைகள் உள்ள குழாய் உள்ளது (படம் 68, இடது பக்கம்). இக்குழாயில் குறுக்குச் சுவர் கிடையாது. அதாவது இந்தத் தாவரம் முழுவதும் ஒரு உயிரணுவால் ஆனது. இந்த உயிரணுவின் சில பகுதிகளில் குட்டையான கிளைகள் தோன்றுகின்றன. இவை ஒன்றையொன்று நோக்கிச் செல்லுகின்றன. இவை சந்திக்கும் பொழுது இவற்றின் முனைகள் தாவரத்தின் மற்றப் பகுதிகளிலிருந்து குறுக்குச் சுவர் ஒன்றால் பிரிக்கப்பட்டு உப்புகின்றன. பின்பு இச்சுவர் முனைகள் சந்தித்த இடத்தில் மறைந்து விடுகிறது. அவற்றின் சத்துக்கள் ஒன்று கலந்து விதைத்தூள் என்னும் ஒரு உயிரணுவாக உருவாகின்றன.





படம் 68

எனவே மிகவும் எளிமையான விதைத்தூள் தாவரங்களிலும் பூக்கும் தாவரங்களில் போலவே, கருவுறுதல் என்பது இரண்டு உயிரணுக்களின் சத்துக்கள் ஒன்று சேர்வது ஆகும். இந்நிகழ்ச்சி விதைத்தூள் தாவரங்களில் அதிகத் தெளிவாகக்கூட உள்ளது. ஏனென்றால், அவற்றில் நாம் இரண்டு உயிரணுக்கள் கலந்து ஒன்றுவதைக் கண் கூடாகக் காண முடிகிறது. நாம் விவரித்துள்ள சாதாரண உதாரணங்களில் ஆண், பெண் உயிரணுக்கள் என்ற பாகுபாடு

தோற்றத்தில் இல்லை. இருப்பினும் சற்று விரிவாக ஆராய்ந்தால் ஒரு சில வேறுபாடுகளைக் காணலாம். ஆனால் மற்றச் சிக்கலான விதைத்தூள் தாவரங்களில், ஆண் உயிரணு பெண் உயிரணுவிலிருந்து தோற்றத்திலும் தன்மையிலும் முற்றிலும் வேறுபட்டுள்ளது. பெண் உயிரணு இயக்கமற்று இருக்கையில், ஆண் உயிரணு கண்ணுக்குத் தெரியாத விலங்கைப் போல் இயங்கி, பெண் உயிரணு உள்ள உறுப்பைத் (தன் சொந்த முயற்சியால்) ஊடுருவிப் புகுகிறது. அங்கு பெண் உயிரணுவுடன் கலந்து, ஒரு வகையில் சொன்னால், அதில் கரைந்து அதைக் கருவுறச் செய்கிறது.[1]

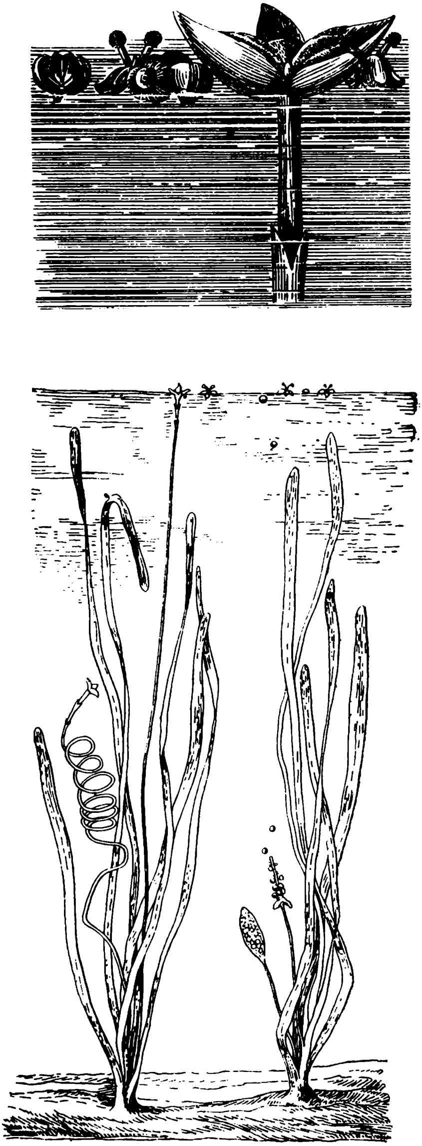
சூலின் மீது மகரந்தத் தூளின் விளைவைப் பரிசோதனையின் மூலம் இன்னும் விரிவாக நாம் ஆராயலாம். சூல்முடியை மகரந்தத் தூள் அடையாமல் இருந்தால், பூ விதையோ கனியோ விளைக்காமலேயே உதிர்ந்து விடும் என்பது நமக்குத் தெரியும். மேலும், சூலறையிலிருந்து அகற்றப்பட்ட சூல்களின் மீது மகரந்தக் குழாய்களைச் செயல்படச் செய்து உருப்பெருக்கியின் மூலம் உற்று நோக்கியபொழுது, சூலுடன் மகரந்தக் குழாய் தொடர்பு பெற்ற பின்புதான் கருவுறுதலின் விளைவுகள் வெளிப்பட ஆரம்பிக்கின்றன என்பது தெரிந்தது. செயற்கைக் கலப்பினம் தோற்றுவிக்கும் முறையில், ஆண் தத்துவத்தின் பங்கு மிகத் தெளிவாக நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு பூவின் சூலகம், இதழ்களின் வண்ண அமைப்பில் அதிலிருந்து வேறுபட்ட இன்னொரு பூவின் மகரந்தத் தூளின் சேர்க்கையைப் பெற்றால் அதன் விளைவாகப் பல வண்ண மலர்கள் உள்ள தாவரத்தை உற்பத்தி செய்ய முடியும். அதாவது இந்தத் தாவரத்தின் பூக்கள், கருவுறுத்தப்பட்ட சூலகம் உள்ள பூவிதழ்களின் நிறமும் மகரந்தத் தூள் எடுக்கப்பட்ட பூவிதழ்களின் நிறமும் ஒருங்கே கொண்டிருக்கும். கருவுறுதல் செயல்முறை காரணமாகத் தோன்றிய தாவரத்தில் ஆண் உயிரணுவின் விளைவு மிகவும் தெளிவாகத் தெரிகிறது.

---

[1] 1897ல் இது போன்ற இயங்கும் உயிரணுக்கள் விதைத் தாவரங்களின் மகரந்தக் குழாய்களில் காணப்பட்டன.

தேவையான மகரந்தச் சேர்க்கை நிகழத் தாவரங்கள் எண்ணற்ற சாதனங்களைப் பெற்றுள்ளன. இவற்றில் சிலவற்றைக் காண்போம். இங்கு ஒரு தாவரம் உள்ளது (பைலியா). இது பார்க்க மிகவும் கவர்ச்சியற்றது. ஆனால் வெப்ப அறைகளில் இதன் கீழ்க்கண்ட அக்கறைக்குரிய பண்பு ஒன்றிற்காக இதை வளர்க்கிறார்கள்: அழகற்ற சிறு பூக்கள் உள்ள இத்தாவரத்தின் மீது தண்ணீர் தெளித்தால், சிறு சிறு குண்டு வெடிப்புக்களிலிருந்து தோன்றுவது போல அதன் மேற்பரப்பிலிருந்து அங்கங்கே தூசிப் படலங்கள் கிளம்புகின்றன. இதற்குக் காரணம் இந்தப் பூக்களின் கேசரங்கள் (இவை பூவினுள் சுருண்டு உள்ளவை, விரைவாக நீர் உறிஞ்சும் திறன் பெற்றவை) சுருள் கம்பிகள் போலத் திடீரென்று சுருள் பிரிந்து நீண்டு, உடைந்த மகரந்தப் பைகளிலிருந்து மகரந்தத் தூளைச் சிந்துவதே ஆகும். இம்முறையில் சிதறடிக்கப்பட்ட மகரந்தத் தூள் எளிதாகச் சூல்முடியை அடைகிறது. இப்பொழுது வேறோர் உதாரணத்தைப் பற்றி அறிந்துகொள்ளலாம். இச்செடி வேறு வகையான ஊடகத்தில் வசிக்கிறது. இது நீர்ச்செடி. வீட்டு மீன் தொட்டிகள் வைத்திருப்பவர்கள் எல்லோருக்கும் வாலிஸ்நேரியா என்ற மிகச் சாதாரணமான செடியைப் பற்றித் தெரியும். இச்செடியின் கேசரங்களும் சூலகங்களும் வெவ்வேறு பூக்களில் காணப்படுகின்றன. இந்தப் பூக்கள் வெவ்வேறு செடிகளில் உள்ளன (படம் 69). ஆண், பெண் ஆகிய இரு பூக்களும் நீருக்கு அடியிலேயே வளருகின்றன. ஆனால் நீருக்கு அடியில் கருவுறுதல் நடைபெற முடியாது. பூக்கும் காலத்தில் மழை பெய்தால் இந்நிகழ்ச்சி தடைப்படுகிறது என்பது தோட்டக்காரர்களுக்குத் தெரியும். இவ்விதச் சூழ்நிலைகளில் பூக்கள் மலட்டுத் தன்மை எய்துகின்றன. அவை காய்ப்பதில்லை. வாலிஸ்நேரியாவில் கருவுறுதல் காற்றில் நிகழ்வதற்காக அதில் பின்வரும் சிறந்த தகவமைப்பு காணப்படுகிறது. பெண் பூக்கள் (இடது பக்கம்) நீரின் அடி மட்டத்தில், மிக நீண்ட, ஆனால் இறுக்கமாகச் சுருண்டுள்ள காம்புகளின் மீது வளருகின்றன. பூக்கும் காலம் வரும் பொழுது இக்காம்புகள் சுருள் பிரிந்து வளருகின்றன. இதனால் பெண் பூக்கள் நீரின் மேல் மட்டத்தை அடைகின்றன. இம்மாதிரியே நீரின் அடி மட்டத்தில்

வளரும் ஆண் பூக்கள் (வலது பக்கம்) இதே சமயத்தில் காம்புகளி லிருந்து பிரிந்து நீரின் மேல் மட்டத்திற்கு வருகின்றன (படம் 69). இவை பெண் பூக்களுக்கிடையே மிதக்கின்றன. இவற்றின் மகரந்தப் பைகள் வெடிக் கின்றன. இதனால் வெளி வரும்மகரந்தத் தூளின் ஒரு பகுதி பெண் பூக்களின் சூல்முடியை அடைகிறது. பூக்கும் காலம் முடிந்த பின்பு பெண் பூக்களின் காம்பு மறுபடியும் சுருண்டு, கருவுற்ற பூவை நீரின் அடி மட்டத்திற்கு எடுத்துச் செல்லுகிறது. கனியின் அடுத்துவரும் வளர்ச்சி அங்கு நிகழு கிறது.



படம் 69

தாவரத்தின் வாழ்க் கையில் பூவின் முக்கியப் பகுதிகளான மகரந்தத் தூள், சூல் ஆகியவை ஆற்றும் பங்கு இப்பொழுது முற்றிலும் தெளிவாக உள்ளது. நாம் மேலே விவரித்துள்ளபடி, பரஸ் பரக் கிரியைகளுக்கு ஏற்ப இவை பெற்றுள்ள தக வமைப்புக்களும் நமக்குப் புரிகின்றன. ஆனால் மற்

ெருரு கேள்வி எழுகிறது. பூவின் மற்றப் பகுதிகளின் முக்கி யத்துவம் யாது? புல்லி வட்டத்தின் அவசியம் என்ன? மகரந் தத் தூள் சூலினுள் செல்வதற்குத் தடையாகவிருக்கும் சூலிலே யின் வேலே யாது? அல்லிகளுக்கு ஏன் பளிச்சிடும் வண்ணம் இருக்கிறது? அவை ஏன் சில பூக்களில் விசித்திரமான வடிவம் பெற்றுள்ளன? பூக்களில் வாசனே இருப்பதேன்? அல்லிவட்டத்தின் அடிப்பகுதியில் குளோவர், செந்தொட்டி போன்ற பூக்களில் தேன் போன்ற இனிப்பான திரவம் சுரப்பதேன்? இது போன்ற கேள்விகளுக்கு நாம் விடை காண முயற்சி செய்வோம். புல்லி வட்டம், சூலிலே ஆகிய வற்றின் முக்கியத்துவம்தான் மிகவும் தெளிவாக உள்ளது. புல்லிகள் இலே மொக்குக்களின் வெளிச் செதில்கள் போன்ற பூவின் மிகவும் மென்மையான உட் பகுதிகளே அவற்றின் வளர்ச்சியின் போது பாதுகாக்கின்றன. சூலிலே தனக்குள் அடங்கிய சூல்களுக்கு இதே போன்று பாதுகாப்பளிக்கிறது. சூலறையிலிருந்து அகற்றப்பட்ட சூல்களேக் கருவுறுத்துவது பற்றிய பரிசோதனேகளே நாம் சற்று முன் விவரித்தோம். இவற்றின் போது கண்ணுக்குத் தெரியாத ஒட்டுண்ணிகளான **பாக்டீரியங்களே** எதிர்த்துப் போராடுவதில் பரிசோதனே யாளருக்கு மிகுந்த தொல்லேகள் நேர்ந்தன. பாக்டீரியங்கள் தொற்று நோய்களே விளேப்பதனுல் இவற்றைப் பற்றி அச்ச மூட்டும் மிகப் பல செய்திகள் காதுக்கு எட்டுகின்றன. அங்க கப் பொருள்கள் சிதையாமல் இருக்க வேண்டுமானுல் நாம் அவற்றை பாக்டீரியங்கள் பாதிக்காமல் இருக்கும்படி பார்த் துக்கொள்ள வேண்டும். இதைச் செய்ய நாம் காற்றுப் புகா வண்ணம் மூடப்பட்ட பாத்திரங்களேப் பயன்படுத்துகிறேம். அல்லது குறைந்த பட்சம் பாத்திரங்களின் வாயைப் பஞ்சினுல் அடைத்து, காற்றில் மிதந்து கொண்டிருக்கும் இந் நுண்ணுயிர்கள் சூலே அடையாதபடி பாதுகாக்கிறேம். சூலறை யின் குழி இப்படிப்பட்ட தன்மை உள்ளது. இதில் சூலும் விதையும் காற்றில் மிதக்கும் ஒட்டுண்ணி பாக்டீரியங்களு டன் தொடர்பில்லாமலேயே வளர வசதி உள்ளது. ஆனுல் இதற்கு ஒரு மறுப்புக் கூறப்படலாம். சூல்முடியை அடைந் தவுடன் மகரந்தத் தூள்கள் முளேக்கின்றன, அவற்றின் மகரந்தக் குழாய்கள் சூலே அடைகின்றன. காற்றில் மிதக்கும்

பாக்டீரியங்கள் இதே போன்று சூல்முடி மீது வளர்ந்து சூலை ஏன் அடையக் கூடாது? சூலறை ஆற்றும் பங்கு பற்றிச் சற்றுமுன் கூறிய விளக்கத்துக்கு நாம் எந்த அவதானிக்கையாளருக்கும் கடமைப்பட்டிருக்கிறோமோ அவரே சூல்முடி ஆற்றும் விசேஷப் பணியையும் விளக்கியிருக்கிறார். பூவிற்குப் புறம்பாக (உருப்பெருக்கியின் கீழ்) வளரும் மகரந்தத் தூள்கள் சூல்களைப் போலவே பாக்டீரியங்களால் உண்மையில் பீடிக்கப்படுகின்றன. ஆனால் பாக்டீரியங்களின் தாக்குதல்களைத் தவிர்க்க ஆராய்ச்சியாளர் மகரந்தத் தூள்கள் வளரும் திரவத்தில் சிறிதளவு அமிலத்தை கலந்தார். ஓரளவு அமிலத் தன்மை கொண்ட இச்செயல் மகரந்தத் தூளை ஒன்றும் செய்வதில்லை, ஆனால் பாக்டீரியங்களின் வளர்ச்சியைத் தடுத்து விடுகிறது. சூல் முடியைப் பரிசோதித்த பொழுது அதிலும் அமிலச் செயல் இருப்பதை அவர் கண்டார். இம்முறையில், சூல்முடி மகரந்தக் குழாய்களை உட்புக அனுமதிக்கையில், பாக்டீரியங்கள் சூலறையை அடையாதபடி தடுத்து விடுகிறது.

* * *

அழகிய வண்ணமுள்ள அல்லிகள், வாசனை, தேன் சுரப்பிகள் ஆகியவை பூவிற்கு எவ்விதம் பயன்படுகின்றன? மேலெழுந்த வாரியாக, இவை அழகுணர்ச்சியைத் திருப்தி செய்யும் பொருள்களாக மட்டும் தெரிகின்றன. ஒரு காலத்தில் பிரபஞ்சம் முழுவதற்கும் மனிதன் தன்னையே மையமாகக் கருதினான். சூரியன் கூடத் தன்னையே சுற்றி வருவதாக எண்ணினான். அந்தக் காலத்தில் அவனது கண்ணுக்கு இன்பம் தரவும், அவனுக்கு வாசனை தரவும், அவனுக்கு ருசி தரவுமே எல்லாப் பொருள்களும் இருக்கின்றன என்ற கருத்து ஒப்புக் கொள்ளப்பட்டது. ஆனால் படிப்படியாக விஞ்ஞானம் வளர வளர, இக்கருத்திற்குரிய மதிப்புக் குறைந்தது. அதே சமயத்தில் பூவின் இந்த உறுப்புக்களின் உடனடி உபயோகம் எதுவும் தெரியாததனால் தாவரவியல் அறிஞர்கள் இவற்றை முக்கியமற்ற உறுப்புக்கள் என்று அழைத்தனர். கவிதை நயமுள்ள உருவக அணியில் கூறப்புகின் இவற்றைத் தாவரத்தின் மண நாள் உடை என்று அவர்கள் கருதினார்கள்.

இவ்விரு கருத்துக்களும் தவறு எனத் தெரிந்துவிட்டது. இந்த உறுப்புக்கள் எல்லாம் மனிதனுக்காக அல்ல, பூச்சிகளுக்காக ஏற்படுத்தப்பட்டுள்ளன, எல்லாவற்றுக்கும் மேல் இவை தாவரத்துக்காகவே வளர்ந்துள்ளன என்று தெரியவந்தது. இரண்டாவதாக இவை மிகவும் முக்கியமானவை, இவற்றில் சில முற்றிலும் இன்றியமையாதவை என்று தெரிந்துவிட்டது. இவை இல்லாமல் இருந்தால், அவசிய மான உறுப்புக்கள் எனப்படுபவை யாவுமே தம் வேலையைச் செய்ய முடியாது. முடிவாக, கவர்ச்சியான வண்ணமும் வாசனையும் இனிமையும் கொண்டிருக்கும் அளவுக்குத்தான், அதாவது, பூச்சிகளைக் கவர்ந்து இழுப்பதற்கு உதவும் அளவுக்குத்தான் அவை பயன்படுகின்றன என்று தெரிந்தது. இவ்விஷயத்தை விளக்குவோம்.

நாகரீகத்தில் மிக மிகப் பின்தங்கிய நாடுகள் தவிர, மற்ற எல்லா தேசங்களிலும் வழங்கி வரும் மதச் சட்டங் களும் சமூகச் சட்டங்களும் நெருங்கிய பந்துக்களிடையே திருமணம் நிகழுவதை நிந்திக்கின்றன, தடை செய்கின்றன. அவற்றிற்கு எதிரான நடவடிக்கைகளுக்கும் வகை செய்கின் றன. டாக்டர்களும் உடலியல் அறிஞர்களும், உலகில் பரவ லாக உள்ள இச்சட்டங்களின் உண்மையைப் புள்ளி விவரங் களுடன் நிரூபிக்க முயற்சிக்கின்றனர். உண்மையில் பெற்றோர் கள் நெருங்கிய உறவினராக இருந்தால், குழந்தைகளின் உடல் நலத்தை அது வெகுவாகப் பாதிக்கிறது என்பதற்கு ஏராளமான சான்றுகள் உள்ளன. தற்காலத்தில் இந்த விஷயத்தை நிரூபிக்க வேண்டும் என்ற அவசியமில்லை. ஏனென் றால் இந்த உண்மை மனிதன், விலங்குலகம் ஆகியவற்றிற்கு மட்டுமல்லாமல், தாவர உலகிற்கும் பொருந்துகிறது என் பதையும், இந்த விதி அங்கக உலகம் முழுவதற்கும் பொது வானது என்பதையும் எண்ணற்ற ஆராய்ச்சிகள் காட்டி யுள்ளன. தாவரத்தைப் போல இந்த உண்மையை இவ் வளவு தீர்க்கமாகப் புலப்படுத்துவது வேறு எதுவும் இல்லை.

பின்வரும் எதார்த்த விவரங்களை நாம் அறிவோம்: ஒரே பூவின் மகரந்தத் தூளினால் அதன் சூலகம் கருவுறுதல் அவ்வளவு வெற்றிகரமாயிருப்பதில்லை. இதன் விளைவாகத் தோன்றும் சந்ததிகள் இன்னொரு பூவிலிருந்து வரும் மகரந்

தத்தால் கருவுறல் நிகழ்வதன் விளைவாகத் தோன்றுபவற்றை விடப் பலம் குன்றியவையாக இருக்கின்றன. மேலும் சில தாவரங்களில் தன் மகரந்தச் சேர்க்கை எவ்விதப் பயனும் அற்றதாயிருக்கிறது. உதாரணம் கனிக்குடுமி எனப்படும் *Corydalis*. இரண்டு அல்லது மூன்று வகைப் பூக்கள் உள்ள தாவரங்களும் உள்ளன, உதாரணம் பிரிம்ரோஸ், பர்பிள் லூஸ்டிரைப், சணலின் பல வகைகள். இவற்றின் சூலகங்களும் கேசரங்களும் வெவ்வேறு நீளத்தைப் பெற்றுள்ளன. ஒரே பூவில் குட்டையான கேசரங்களும், நீளமான சூலகங்களும் உள்ளன (படம் 70—A) அல்லது குட்டையான சூலகங்களும் நீளமான கேசரங்களும் உள்ளன (B). கருவுறுதல் வெற்றிகரமாக நிகழ, சூல்முடிக்கு அதே உயரமுள்ள கேசரங்களிலிருந்து தான் மகரந்தம் கொண்டு செல்லப்பட வேண்டும். இதன் பொருள், மகரந்தம் மற்றொரு பூவிலிருந்து தான் எப்பொழுதும் பெறப்பட வேண்டும் என்பதாகும்.[1] வேறுவகைப் பூவிலிருந்து வரும் மகரந்தத் தூள் மூலம் நிகழும் அயல் கருவுறுதல் தன் கருவுறுதலை விட அதிகப் பலன் விளைப்பது என்று காட்ட உதாரணங்கள் உள்ளன. மேலும், நம்பத்தகுந்த ஆராய்ச்சியாளர்கள், தன் மகரந்தச் சேர்க்கை விஷம் போன்று வேலை செய்கிறது என்றும் நிரூபித்துள்ளனர். தன் மகரந்தச் சேர்க்கை நிகழ்ந்த சூலகத்தின் சூல்முடி கருகியது போன்று காணப்படுகிறது. அந்தப் பூ காய்க்காமலேயே உதிர்ந்து விடுகிறது. அதே சமயத்தில் வேறொரு பூவினின்றும் வந்து சேர்ந்த மகரந்தத் தூள் சூலைக் கருவுறச் செய்கிறது. இவ்வாறு எண்ணற்ற விவரங்கள், பொது விதி ஒன்று இருப்பதை அனுபவ முறையில் நிரூபிக்கின்றன. அவ்விதி இதுதான்: அயல் கருவுறுதல் அங்கஜீவிக்கு நன்மை செய்வது, தன்கருவுறுதல் ஒப்புநோக்கில் கேடு விளைப்பது.

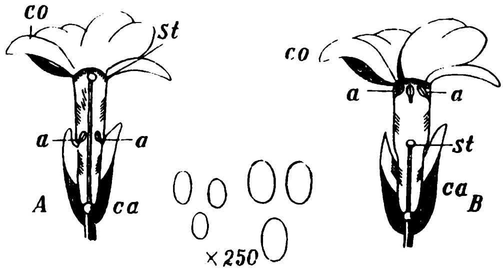
இவ்விதி நிலவுவதை ஒப்புக்கொண்ட பின்பு, பூவின் கட்டமைப்பில் உள்ள, வேறு வகையில் விளக்கம் காண முடியாத பல சிறப்புப் பண்புகள் தெளிவாக விளங்குகின்றன. தாவரவியலில், முக்கியமாக பூச்சிகளின் மூலம் நடைபெறும் அயல்

---

[1] 70ம் படத்தில் நடுவில் A, B ஆகிய பூக்களின் வெவ்வேறு அளவுள்ள மகரந்தத் தூள்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன.

கருவுறுதலுக்கு ஏற்றபடி பூக்களின் கட்டமைப்பு தகவமைப்புக்கள் பெற்றுள்ளது என்ற கொள்கைக்கு ஆதாரமாக ஏராளமான விவரங்கள் சேகரிக்கப்பட்டுள்ளன. இக்கொள்கையின் பிரதான அம்சங்களைப் பற்றி இங்கு தெரிந்து கொள்வோம்.

பகட்டான தோற்றம், வாசனை, தேன் சுரப்பிகள் ஆகியவை பூவுக்குப் பூ தாவிச் சென்று அயல் கருவுறுதலுக்குத் துணை



படம் 70

புரியும் பூச்சிகளைக் கவர்ச்சி செய்ய இருக்கின்றன. இக்கொள்கைக்கு ஆதாரமாகக் கீழ்க்கண்ட விஷயங்களைக் கூறலாம். முதலாவதாக, இப்பண்புகள் யாவும் மகரந்தச் சேர்க்கை நடைபெறும் பொழுது மட்டும்தான் இருக்கின்றன. பின்பு இவை மறைந்து விடுகின்றன. இரண்டாவதாக, காற்றின் மூலம் மகரந்தச் சேர்க்கை நடைபெறும் தாவரங்களுக்கும் பூச்சிகளின் துணையால் அது நிகழும் தாவரங்களுக்கும் குறிப்பிடத்தக்க வேறுபாடு உள்ளது. காற்றின் மூலம் மகரந்தச் சேர்க்கை நிகழும் தாவரங்களில் உள்ள பூக்கள் மிகச் சிறியவை, கவர்ச்சியற்றவை. அவற்றில் வண்ணமும், வாசனையும், தேனும் இல்லை. பெரும்பான்மை மரங்கள் இவ்வகையைச் சேர்ந்தவை. உதாரணம் பைன், பிர்ச், ஆஸ்பென் போன்றவை. இவற்றில் ஏராளமான அளவு மகரந்தத் தூள் உற்பத்திசெய்யப்படுகிறது. மண்ணின் மீதும் தண்ணீரின் மீதும் படலம் படலமாக விழும் மஞ்சள் நிறத் தூள்கள் கந்தக மழை பெய்வது பற்றிய மூட நம்பிக்கைகளைத் தோற்றுவித்தன. இவ்விதப் பூக்கள் முன் வசந்தத்தில் மலருகின்றன.

அப்பொழுது வளராத நிலையிலிருக்கும் இலைகள் மகரந்தத் தூள் பரவுவதைத் தடுக்க முடியாது. இது குறிப்பிடத்தக்க தொரு விஷயமாகும்.

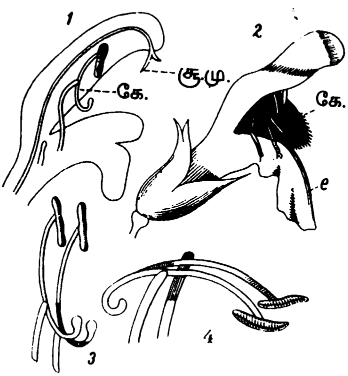
இது போன்று, தாவரத்துக்கு மிக மதிப்புள்ளதாகக் காணப்படும் பொருள் காற்றின் மூலம் மகரந்தச் சேர்க்கை நிகழும் பொழுது தவிர்க்க முடியாத காரணங்களால் வீணு வது தாவரத்துக்கு உண்மையிலேயே ஒரு பெரிய நஷ்டம் தான். எனவே குறைந்த அளவு மகரந்தத் தூளை உற்பத்தி செய்து, அதை மற்றத் தாவரங்களின் சூல்முடிகளுக்கு அதிக நிச்சயமாகக் கொண்டு செல்ல வகை செய்வதுதான் தாவரத் துக்கு அதிக லாபகரமானது என்பது வெளிப்படை. இதுபோன்ற சிக்கனமான முறையைத் தாவரங்களுக்குப் பூச்சிகள் வகுத்துத் தருகின்றன. தேன் சுரப்பிகள் பூச்சிகளைப் பூவிற்கு வரும்படி தூண்டுகின்றன. பளிச்சிடும் வர்ணம், பூவின் அளவு, வாசனை ஆகியவை பூச்சிகளைக் கவர்ச்சி செய்யும் சாதனங்களாக உதவுகின்றன. தேனீக்களுக்கு வண்ண வேறுபாடுகளை உணரும் திறன் உண்டு என்று கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளது. வெவ்வேறு வர்ணங்களுள்ள பரப்புக்களின் மீது தேனைத் தடவி குறிப்பிட்ட நிறத்திற்கும் தேனிற்கும் உள்ள தொடர்பினை உணருமாறு இந்தப் பூச்சிகளைப் பயிற்றலாம். பூக்களில் உள்ள பால் பாகுபாடு காரண மாக அயல் கருவுறுதல் நடைபெறுகிறது. மகரந்த மட்டு முடைய ஆண் பூக்கள், சூலகம் மட்டுமுடைய பெண் பூக்கள் ஆகியவை ஒரே தாவரத்தில் அல்லது வெவ்வேறு தாவரங் களில் இருக்கலாம். இருபாற்பூக்களில் வெவ்வேறு காலங் களில் கேசரங்களும் சூலகங்களும் பக்குவம் அடைவதன் மூலம் அயல் கருவுறுதல் நடைபெறுகிறது. இதன் மூலம் தன் கருவுறுதல் தவிர்க்கப்படுகிறது. இவற்றை எல்லாம் விட நம்பிக்கையூட்டுபவை பின்வரும் விஷயத்தைக் காட்டும் கணக்கற்ற உதாரணங்களாகும்: பூவின் எல்லாப் பகுதிகளும் அதற்கு வரும் பூச்சியின் வடிவம், பழக்க வழக்கங்கள் ஆகிய வற்றிற்கு ஏற்பக் கட்டமைப்பிலும், நிலையிலும் தகவமைப்புக் கள் பெற்றுள்ளன. இதனுல் பூவிற்கு வரும் பூச்சி, கட்டாயம் ஒரு பூவின் மகரந்தப்பையில் பட்டு ஆக வேண்டியிருக் கிறது. பின்பு உடலின் அதே பகுதியால் அடுத்த பூவின் சூல்

முடியைத் தொட்டு ஆக நேர்கிறது. இதற்குச் சில உதாரணங்கள் காட்டுவதுடன் நிறுத்திக் கொள்வோம்.

வழக்கமாகப் பூக்களின் பகுதிகள் மையத்தைச் சுற்றி ஒழுங்கான வட்ட வடிவத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஆனல் பல பூக்களில் இதில் மாறுபாடு உள்ளது. அவற்றில், வலது, இடது, மேல், கீழ் ஆகிய பகுதிகளைத் தனிப்பிரித்துக் காண முடியும். ஈருதட்டின எனப்படும் துளசிக்குடும்பப் பூக்கள் இவற்றிற்கு உதாரணமாக விளங்குகின்றன (படம் 71—2). மேல், கீழ் உதடுகள் போன்ற இந்த வடிவம் பூச்சிகளுக்கு மிகவும் வசதியானது. கீழ் உதடு மேடை போன்று விளங்குகிறது. இதன் மீது பூச்சி அமர்கிறது, அது அல்லிவட்டத்தின் குழல் வழியாக அடிப் பாகத்தில் உள்ள இனிப்பான தேனைச் சேகரிப்பதற்காக உறிஞ்சு குழலைச் செலுத்துகிறது. இதைச் செய்யும் பூச்சியின் முதுகு மகரந்தப் பைகளின் மீது உராய்கிறது (படம் 71—1,2, கே.). அது மற்ளுெரு பூவின் மீது அமரும் பொழுது, மகரந்தத் தூள் நிரம்பிய முதுகைச் சூல்முடியில் தேய்க்கிறது (சூ.மு.). இந்தப் பூக்களில் தன் மகரந்தச் சேர்க்கை நடைபெற முடியாது. ஏனென்ருல் சூல்முடி ஒரே பூவில் உள்ள கேசரங்களை விடப் பிந்தித்தான் பக்குவம் அடைகிறது. இது மற்ளுெரு பூவிலிருந்து தான் மகரந்தத் தூளைப் பெற முடியும். ஸேஜ் எனப்படும் மற்ளுெரு துளசிக்குடும்பப் பூவில் பின்வரும் அக்கறைக்குரிய அமைப்பு காணப்படுகிறது (படம் 71—1ல் ஸேஜ் பூ காட்டப்பட்டுள்ளது). இதன் கேசரங்கள் அசாதாரண வடிவம் கொண்டவை. மகரந்தப் பைகள் நீண்ட குறுக்கு இணைப்பின் மேல் முனையில் பொருந்தி உள்ளன. இந்தக் குறுக்கு இணைப்பு குட்டையான கேசரத் தாளுடன் மேலும் கீழும் அசையும் வகையில் இணைந்துள்ளது (படம் 71—1ல் நீளப் போக்கில் வெட்டப்பட்டுள்ள பூ ஒரு கேசரத்துடன் காட்டப்பட்டுள்ளது (கே.), படம் 71—3ல் இரண்டு கேசரங்கள் தனியாகக் காட்டப்பட்டுள்ளன). இந்தக் குறுக்கு இணைப்புக்களின் கீழ் முனைகள், அல்லி வட்டத்தின் குழாயின் திறப்பைக் குறுக்கே தடுக்கின்றன. அல்லி வட்டத்தின் அடிப்பக்கத்தில், முன்பே கூறப்பட்டுள்ளது போன்று, தேன் உள்ளது. பூச்சி உறிஞ்சு குழலை அல்லிவட்டத்தின் குழாயினுள் செலுத்தும் பொழுது,

இந்தக் கீழ் முனைகளை அசைக்கிறது. இவை நெம்புகோல்களைப் போன்று 3வது நிலையிலிருந்து 4 வது நிலையை அடைகின்றன (படம் 71). இதே சமயத்தில் மகரந்தப் பைகள் பூச்சியின் முதுகைத் தட்டி (படம் 71—2, கே.) அதன் மேல் மகரந்தத் தூளைத் தெளிக்கின்றன.

ஆர்க்கிடு என்ற செடிகளில் மகரந்தச் சேர்க்கை நடைபெறும் இன்னும் கவனத்துக்குரிய முறை ஒன்று காணப்படுகிறது. இங்கு பூச்சிகள் மட்டும் இல்லாவிட்டால் மகரந்தச் சேர்க்கை அனேகமாக நடைபெறாது. பூக்கள் மலடாகவே இருக்க நேர்ந்து விடும். இந்தக் குடும்பப் பூக்களுக்கு விசித்திரமான வடிவங்கள் உண்டு. இதற்காக இவற்றை வெப்ப அறைகளில் வளர்க்கிறார்கள். இந்தக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்த சுயேச்சையாக வளரும் வகைகளுக்கு உதாரணமாக வண்ணத்தி ஆர்க்கிடைக் (*Platanthera*) குறிப்பிட்டால் போதும். இந்தப் பூவின் எல்லா அல்லிகளும் பிய்க்கப்பட்டுவிட்டன என்றும் உதடு வடிவான கீழ் இதழ் ஒன்று மட்டும் விட்டு வைக்கப்பட்டிருப்பதாகவும் கற்பனை செய்து கொள்வோம். இது அடிப்பக்கத்தில் தேன் குழாய் எனப்படும் குழலாக நீண்டுள்ளது (படம் 72—தே. கு.)[1] இப்பூவின் சூலகமும் கேசரமும் இவ்வாறே விசித்திர வடிவுள்ளவை. சூலகம் நீளமான, சுருண்ட சூலறை கொண்டுள்ளது. இதன் உச்சியில், சூல்தண்டு எதுவும் இல்லாமல் சூல்முடி

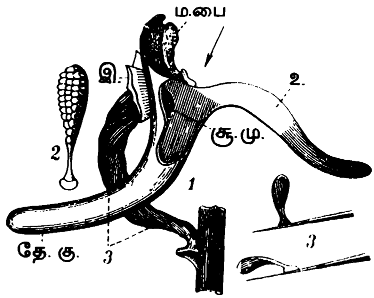


படம் 71

---

[1] படம் 72ல் ஆர்க்கிடு பூ காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் உதடு என்னும் கீழ் இதழ் தவிர மற்ற எல்லா அல்லிகளும் நீக்கப்பட்டுள்ளன. கீழ் இதழ் இரண்டாகப் பிளக்கப்பட்டுள்ளது. இதிலிருந்து தேன் குழாயின் புகுவாயிலும் சூல்முடியின் நிலையும் தெரிகின்றன.

உள்ளது. இது தேன் குழாயினுள் நுழையும் வாயிலில் பிசு பிசுப்பான புள்ளி போன்று காணப்படுகிறது (சூ. மு). கேசரத்தில் மகரந்தத் தாள் கிடையாது. அதில் மகரந்தப்பை (ம. பை) மட்டும்தான் சூல்முடிக்கு அருகில் உள்ளது. ஆனால் இப்பூவின் தனிச் சிறப்புக்கள் இவ்வளவோடு அடங்கிவிட வில்லை. இதன் மகரந்தம் மென்மையான தூள் அல்ல. இது மகரந்தப் பையின் இரண்டு பகுதிகளில் ஒவ்வொன்றிலும் ஒரு திரளாக ஒரு காம்பின் மீது உருட்டப்படுகிறது. ஒவ் வொரு காம்பும் மகரந்தப் பைக்கு வெளியே பிசுபிசுப்பான வில்லையாக முடிவடைகிறது (படம் 72—2). எனவே இங்கு



படம் 72

மகரந்தத் தூள் தானாக வெளி வர முடியாது ஆகையால், சூல்முடிக்கு வெகு அருகிலிருந்த போதிலும் அதே பூவின் சூல் முடியைக்கூட அடைவதற்கு வெளித் துணை இல்லாமல் இதற்கு இயலாது. இத்துணையாகப் பூச்சிகள் விளங்குகின்றன. உதடு (உ.) மீது அமரும் பூச்சி, தன் உறிஞ்சு குழலைத் தேன் குழாயினுள் நுழைக்கிறது. இப்பூவின் அடிப்பாகத்தில் இனிக் கும் திரவம் வழக்கமாகச் சுரக்கிறது (வண்ணத்தி ஆர்க்கிடு மலரில் மிகவும் துலக்கமாகத் தென்படுகிறது). பூச்சி மகரந்தப் பைக்கு வெளியே நீட்டிக்கொண்டிருக்கும் பிசுபிசுப்பான வில்லைக்கு நேராகக் கட்டாயமாக வருகிறது. இதனால், அது வெளியே பறந்து செல்லும் பொழுது மகரந்தத் தூள் திரளைச் சுமந்து செல்லுகிறது. இந்த அமைப்பு பூவில் மிகவும் நுல்லியமாக உள்ளது, மிக ஒழுங்காக வேலை செய்கிறது. படத்தில் அம்புக் குறியிட்டுக் காட்டிய திசையின் வழியாக

(படம் 72—1) தேன் குழாய்க்குள் ஒரு ஊசியை நுழைத்தாலுங்கூட, அதை வெளியில் எடுக்கும் போது மகரந்தத் திரள், படம் 72—3ல் காட்டியிருப்பது போலக் கட்டாயமாக அதன்மேல் ஒட்டிக்கொள்ளும். முதலில் இந்த மகரந்தத் திரள் நேராக நிற்கிறது. பின்பு இது முன்னே வளைகிறது (படம் 72—3). இதே தான் பூச்சியின் உடலில் ஒட்டிக் கொண்டிருக்கும் மகரந்தத் திரளுக்கு நிகழுகிறது. அது மற்ெறாரு பூவிற்குச் செல்லும் பொழுது இதே செயல்முறை திருப்பி நிகழ்கிறது. அது மகரந்தத் திரள் சூல்முடியின் (சூ. மு.) பிசுபிசுப்பான பரப்பிற்கு நேராக வரும் விதத்தில் குனிந்து அங்கே மகரந்தத் திரளின் ஒரு பகுதியை விட்டுச் செல்கிறது. நாம் கூறிய வண்ணமே எல்லாம் நிகழுகின்றன என்பதை இப்பூக்களுக்குச் சென்று வருகையில் பிடிக்கப்பட்ட பூச்சிகளைக் கொண்டு நிரூபித்து விடலாம். அவற்றின் உறிஞ்சு குழலிலும் தலையிலும் ஏராளமாக மகரந்தத் தூள் ஒட்டிக் கொண்டிருப்பது அடிக்கடி காணப்பட்டுள்ளது. எனவே இவ்விதப் பூக்களில் கருவுறுதல் பூச்சிகள் இல்லாமல் நடைபெறாது. இது தாவரத்துக்கு எப்போதும் நன்மை தரும் அயல் கருவுறுதல் ஆகும். பூக்களின் உறுப்புக்கள் வேறுவிதமாக அன்றி இவ்வித வடிவம் பெற்றிருப்பது தாவரத்துக்கு எவ்வளவு முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது என்பது இதிலிருந்து தெளிவாகிறது.

இப்பொழுது மற்றொரு உதாரணத்தை ஆராய்வோம். இங்கு எல்லா உறுப்புக்களும் இதே நோக்கத்துக்கு, அதாவது பூச்சிகளின் உதவியால் அயல் கருவுறுதல் நடைபெறுவதற்குச் சாதகமாக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்தச் செடி ஆடுதின்னாப் பாளை (*Aristolochia*) எனப்படுகிறது. இதன் வெளிறிய மஞ்சள் நிறப் பூவில் குழல் வடிவ அல்லி வட்டம் உள்ளது. இதன் அடிப்பகுதி உருண்டையாக உப்பி இருக்கிறது. இதன் மேற்பகுதி அகன்றும், சாய்வாக வெட்டப்பட்டும் உள்ளது. எண்ணற்ற சூல்களை உடைய நீண்ட சூலறை (படம் 73) சூல்தண்டு என்ற உறுப்பின்றி, பகுதிகளாகப் பிரிவுபட்ட சூல்முடியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மகரந்தத் தாள் இல்லாத கேசரங்கள் சூலகத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவை சூல்முடிக்குக் கீழாக உள்ளன. அல்லி வட்டத்தின்

குறுகலான குழாயில் உட்புறமாகத் திரும்பியுள்ள உரப்பான மயிர்கள் உள்ளன (படம் 73, மேல்வெட்டு). இங்கு உள்ள அமைப்பு முழுவதும் எலிப் பொறி போன்றுள்ளது. மயிர்களின் இந்த நிலை காரணமாகப் பூச்சி பூவினுள் சுலபமாக ஊர்ந்து வருகிறது, ஆனால் மறுபடியும் வெளியே வர அதனால் முடியாது. கருவுறுதலுக்குத் தயாராக இருக்கும் சூல்முடியும் இன்னும் பக்குவம் அடையாத கேசரங்களும் பூச்சிக்கு எதிர்ப் படும் ஒரு பொறி போன்று பூ வேலை செய்கிறது. பூச்சி மற்றொரு பூவிலிருந்து வந்தால் அது சூல்முடியில் மகரந்தத் தூளைத் தேய்க்கிறது. சிறிது நேரம் சென்ற பின்பு மகரந்தப் பைகள் பக்குவம் அடைந்து வெடிக்கின்றன. பூச்சி தன் சிறையில் அமைதியற்றுத் தவித்து அங்குமிங்கும் ஓடுகிறது (படம் 73, மேல் வெட்டு). அப்பொழுது அதன் உடலில் மகரந்தத் தூள் ஒட்டிக்கொள்கிறது. ஆனால் இந்த மகரந்தத் தூள் சூல்முடியை அடைந்தாலும் தன் கருவுறுதல் நடை பெறுவதில்லை. ஏனென்றால் சூல்முடி இதற்கு முன் கூட்டியே வாடி விட்டது. அல்லி வட்டத்தில் உள்ள மயிர்கள் விரைவில் வாடி உதிர்கின்றன (படம் 73, கீழ் வெட்டு), இப்பொழுது சிறைக் கதவு திறக்கிறது. மகரந்தத் தூள் படிந்துள்ள உடலுடன் பூச்சி விரைவாக வெளியே வருகிறது. ஆனால் அது மற்றொரு பூவில் உள்ள இது போன்ற பொறியில் அகப்பட் டுக்கொள்கிறது. கடைசியில் அல்லி வட்டத்தின் மேல் பகுதி வாடி, வளைந்து பூவிற்கு உள்ளே செல்லும் வாயிலை அடைக் கிறது (73, கீழ் வெட்டு). இது வரைக்கும் நேராக இருந்த பூ முழுவதும் தொய்ந்து தொங்குகிறது (படம் 73, மேற் படம்). இந்த முறையில் கருவுற்ற பூக்கள் பூச்சிகளின் வீணான வருகை யிலிருந்து தப்புகின்றன. ஆர்க்கிடுகளில் கருவுறுதலுக்குரிய இயந்திர அமைப்பு எவ்வாறு ஒழுங்காக வேலை செய்கிற தோ அதேபோன்று இதுவும்வேலை செய்கிறது. பூவின் வெளித் தோற்றத்தைக் கண்டவுடனேயே, அதில் பூச்சி இருக்கிறதா, இல்லையா என்று அனேகமாக நிச்சயமாகக் கூறி விட முடியும் அளவிற்கு இந்த அமைப்பு துல்லியமாக வேலை செய்கிறது. பூவினுள் தாற்காலிகமாகச் சிறைப்படுத்தப் பட்டுள்ள பூச்சிகளின் எண்ணிக்கை சில சமயங்களில் அதிகமாக இருக்கும்.

அல்லி வட்டத்தின் பளிச்சிடும் வர்ணம், விசித்திரமான வடிவங்கள், தேன் சுரப்பிகள்போன்ற பூவின் அவசியமற்றவை எனப்படும் உறுப்புக்கள் உண்மையில் ஏற்கனவே குறிப்பிடப்பட்டுள்ள முக்கிய நோக்கத்திற்கு ஏற்பப் பூவின் தகவமைப்புக்கள் என்று நாம் நிச்சயமாகக் கருதலாம். வாசனைக்கும் இதே போன்ற வேலை ஒன்றுண்டுபோலும். வர்ணத்தைப் போன்று இதுவும் பூச்சிகளைக் கவர உதவுகிறது. இரவில் தீவிர வாசனை பரப்பும் பூக்களுக்கு இரவுப் பூச்சிகள் வருகின்றன. ஆவியாகும் வாசனை தரும் பொருள்களை வெளிவிடுவது தாவரத்தில் மற்றொரு வேலையும் செய்கிறது. முதலாவதாக, பூப்பதற்குத் தாவரத்துக்கு ஓரளவு அதிக உஷ்ணம் தேவை. நாம் மேலே குறிப்பிட்டிருப்பது போல, சுவாசத்தினால் உஷ்ண நிலை அதிகரிப்பதன் மூலம் இது ஓரளவிற்குக் கிடைக்கிறது. ஆனால், அமைதியான இரவு நேரங்களில் அதிகமாக வெப்பம் கதிர் வீசல் முறையில் வெளிச் செல்வதால், தாவரங்கள் விரைவில் குளிர்ச்சியடைகின்றன. இவ்வாறு குளிர்ச்சியடைவதைத் தடுக்க வேண்டுமானால் தாவரத்தைக் கண்ணாடி ஜாடி கொண்டு மூட வேண்டும். இதன் மூலம் தாவரம் வெளிவிடும் வெப்பக் கதிர்களை ஜாடி தடுத்து நிறுத்துகிறது. எனவே குளிர்ச்சியாவது தடுக்கப்படுகிறது. ஆனால் பூ வெளிவிடும் எல்லா விதமான ஆவியாகும் பொருள்களுக்கும் கண்ணாடியின் இப்பண்பு உண்டு. இவை கதிர் வீசல் முறையில் பரவும் வெப்பத்தைத் தடுக்கின்றன.

வாசனை தரும் தாவரங்களைச் சூழ்ந்துள்ள ஆவியாகும் (ஈதர் எண்ணெய்கள் எனப்படும்) எண்ணெய்களின் வாயு மண்டலம் எவ்வளவு கணிசமானது என்று கண்டுபிடிக்க, டிக்டாம்னஸ் செடியின் தீவிர வாசனையுள்ள பூவுக்கு அருகில் எரியும் தீக்குச்சியைக் கொண்டுபோனால் போதும். இந்தப் பூவையும் பின்பு பூத்துள்ள செடி முழுவதையும் சுற்றி நீல நிற சுவாலை தோன்றுவதைக் காணலாம். இப்பூக்களில் உள்ள சுரப்பிகள் வெளியிட்ட ஈதர் எண்ணெய்களின் ஆவி தீப்பற்றி எரிகிறது என்பது இதிலிருந்து தெரிகிறது.

ஆகையினால் அமைதியான, குளிர்ந்த கோடைக்கால இரவுகளில், அதாவது கதிர் வீசல் மூலமாகத் தாவரம் குளிர்ந்துவிடும் என்ற நிலை ஏற்படும் சமயத்தில், பூக்களைச்

சுற்றி ஒளிபுகும் படலம், பூக்களால் வெளிவிடப்படும் எண்ணெய் ஆவிகளின் வாயுமண்டலம் ஒன்று, ஏற்படுகிறது. பூக்களிலிருந்து வீசப்படும் வெப்பக் கதிர்களை இந்தப் படலம், கண்ணாடி ஜாடியைப் போன்று தடுத்து அவை அளவுமீறிக் குளிர்ச்சியடையாதவாறு காக்கிறது.[1]



படம் 73

இவ்வாறு, சூரியன் மனிதனைச் சுற்றவில்லை, மனிதன்தான் சூரியனைச் சுற்றுகிறான் என்று நிரூபித்த கணம் தொடங்கி

---

[1] அருகாமையில் தீ மூட்டுவதால் இரவில் தாவரங்கள் குளிர்ந்து விடாமல் காக்கலாம் என்பது தெரிந்ததே. இதனால் தாவரத்தைச் சுற்றிப் படலம் சூழ்ந்து கதிர் வீசல் முறையில் அவை மட்டுமீறிய வெப்பத்தை இழப்பதைத் தடுக்கும்.

இயற்கை விஞ்ஞானம் மனிதனது அகந்தைக்கு ஏற்படுத்தியுள்ள பல ஏமாற்றங்களோடு இந்தப் புதிய அடியும் சேர்ந்து கொண்டது. அதாவது: வானவில்லின் எல்லா வண்ணங்களாலும் ஒளிர்வதும் மிக மிக நுண்ணிய நறுமணங்கள் கமழ்வதும் ஆகிய இந்தப் பல் நிற மலர் விரிப்பு நிலவுவது இயற்கையின் மன்னன் ஆன மனிதனுக்காக அல்ல, அற்பப் பூச்சிபொட்டுக்களுக்காகவே, முதன்மையாகத் தாவரங்களுக்காகவே என்பது.

ஆனுல் விஞ்ஞானத்தின் ஒவ்வொரு சாதனையின் காரணமாகவும், மனிதன் நியாயமற்ற உரிமைகள் கொண்டாடுவதை விட்டுவிட நேர்ந்த போதிலும், அவனது உண்மையான முக்கியத்துவம் அதிகமாகவே செய்கிறது. இங்கும் அவ்வாறு தான். பூக்கள் தனக்காகப் படைக்கப்படவில்லை என்பதை அவன் ஒப்புக்கொள்ள வேண்டியிருந்தாலும் அவை பெருமளவு தன்னுலேயே உண்டாக்கப்பட்டவை என்ற எண்ணத்தால் அவன் நியாயமாகவே ஆறுதல் அடையலாம். இந்த முடிவை ஏற்றுக்கொள்வதற்கு நமது பூந்தோட்டங்களிலும், காய்கறித் தோட்டங்களிலும், வயல்களிலும் உள்ள தாவரங்களைக் காட்டுத் தாவரங்களுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தாலே போதும். பயிராக்கப்பட்ட எந்தத் தாவரத்தின் மீதும், எந்தத் தோட்ட மலர்மீதும், அல்லது எந்தக் காய்கறிமீதும் கண்ணோட்டினுலே போதும், மனிதனது வழிகாட்டும் கரமும் சிந்தனையும் அவற்றில் பிரதிபலிப்பதைக் காண்கிறோம். அவனது கோரிக்கைகள், சில வேளைகளில் அவை தற்காலிகச் சபலமாக இருப்பினும், இயற்கைப் பொருள்களை இக்கோரிக்கைகளுக்கும், சபலத்திற்கும் ஏற்ப மாற்றியுள்ளன. உதாரணமாக சிறிய, ஒழுங்கற்ற, வெளிறிய மூவர்ண பான்ஸிப் பூ ஒரே நிறமுள்ள, அனேகமாகக் கறுப்பான, வட்டமான பெரிய பூவாக மாற வேண்டும் எனச் சபல சித்தமுள்ளவர்கள் கோருகிறுர்கள். நம் கண்ணெதிரிலேயே, ஏதோ மந்திர சக்தியால் நிகழ்வது போல், இந்தப் பூ உண்மையிலேயே பெரிதாகவும், கருமை கொண்டதாகவும் வட்டமாகவும் மாறுவதைக் காண்கிறோம். மனிதன் எந்த முறையில் இந்த விளைவை அடைந்திருக்கிறுன்? இயற்கையைத் தனது நோக்கங்களுக்கு ஏற்ப வேலை செய்யுமாறு, தனது

ஏவல்களுக்குக் கீழ்ப்படிந்து நடக்குமாறு எப்படி அவன் பணிக்கிருன்?

இந்தச் செயல்முறை மிகவும் சுலபமானது: புரிந்து கொள்ளாமலேயே மனிதன் நெடுங்காலமாக இந்த வழியைப் பின்பற்றி வேலை செய்துகொண்டு வருகிறுன். சமீப காலத்தில்தான் நூற்றுண்டுக் கணக்கான அனுபவத்தின் மூலம் கிடைத்த அறிவுச் செல்வங்களைப் புரிந்துகொண்ட பின்புதான், பயன்படுத்தப்படும் முறையின் எளிமையையும் பொதுமையையும் விஞ்ஞானிகள் எதார்த்தத்தில் விளக்கியுள்ளனர். இச்செயல்முறை வருமாறு: ஒரே தாவரத்திலிருந்து கிடைத்த விதைகள் எல்லா வகையிலும் ஒரே மாதிரியான தாவரங்களை உற்பத்தி செய்வதில்லை. அத்தாவரங்களுக்குள் வேறுபாடுகள் நிச்சயமாகத் தோன்றுகின்றன. இந்தத் தாவரங்கள் வளர்ந்து இனவிருத்தி செய்யும் பொழுது, அயல் கருவுறுதல் காரணமாக, அவற்றிற்கிடையே உள்ள வேறுபாடுகள் விரைவில் மறைந்து இவற்றிலிருந்து நிலைத்த, சராசரியான மாதிரி உருவம் உற்பத்தியாகும். மற்றத் தாவரங்களிலிருந்து குறிப்பிட்ட விஷயம் ஒன்றில் வேறுபாடுள்ள தாவரம் ஒன்று தனியாகப் பிரிக்கப்பட்டு வளர்க்கப்படுமாஞல், அதில் வேறு விதமான விளைவைக் காணலாம். அதன் சிறப்புப் பண்புகள் அதன் சந்ததிகளுக்கும் ஏற்படும். புதிய தலைமுறையில் நமது கவனத்தைக் கவர்ந்த சிறப்புப் பண்புள்ள தாவரங்களைத் தனிமைப்படுத்திஞல், ஒவ்வொரு தலைமுறையிலும், இதே சிறப்புப் பண்பு பலப்படும். முடிவில் இப்பண்பு நிலை பெற்றதாகி விடும். இதுதான் **தேர்வு** முறை.

தோட்டக் கலையில் தேர்வு முறை மிகவும் எளிமையான ஆஞல் மிகவும் பலனுள்ள வழியில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. தோட்டக் கலைஞனின் நோக்கத்திற்கு ஒவ்வாத பண்புள்ள தாவரங்களை ஒவ்வொரு தலைமுறையிலும் அழிப்பதில் இம்முறை அடங்கியுள்ளது. ஒவ்வொரு தலைமுறையிலும், இத்தேர்வு முறையைத் திருப்பித் திருப்பிப் பயன்படுத்தி இதன் மூலம், மிகவும் அபூர்வமான யாருக்கும் புலப்படாத பண்புகளை வலுப்படுத்துவதன் வாயிலாக மனிதன் சிற்பி போல ஒன்றன்பின் ஒன்ருகப் பண்புகளை உருவாக்கித் தாவரத்துக்

குப் புதிய வடிவம் தந்து திட்டமிட்ட இலட்சியத்தை அடைகிறுன். இங்கே ஒரு விஷயம் குறிப்பிடத் தக்கது: இந்த முறையில் விலங்குகள், தாவரங்கள் ஆகியவற்றில் சிறந்த வகைகளைத் தோற்றுவிக்கும் மனிதன், இதே தேர்வு முறையைத் தன் இனத்திற்கே பயன்படுத்திஞன். ஆனுல் வருந்தத்தக்க விஷயம் என்னவென்றுல் இங்கு இந்த முறை தலை கீழான விதத்தில் பிரயோகிக்கப்பட்டது என்பதே. யுகம் யுகமாக அவன் உடற்கட்டில் சிறந்த தன் இனத்தவரைத் தேர்ந்தெடுத்து அவர்களைக் கட்டாயச் சாவிற்கு அர்ப்பணித்தான். மனித குலத்தில் செய்யப்பட்ட இப்பரிசோதனை எதிர் முகமாக இருந்தாலும் தேர்வுமுறை பற்றிய சித்தாந்தத்தின் வெற்றிக்குச் சான்று பகர்கிறது. உதாரணமாக நெப்போலியனின் செயலின் விளைவுகளில் ஒன்று இம்மாதிரியானதே. அவனது முடிவற்ற போர்களின் விளைவாக பிரான்ஸ்தேசத்தில் மக்களின் சராசரி உயரம் குறைந்துவிட்டது.

ஆகையினுல், தேர்வு முறை அங்கஜீவிகளைச் செம்மைப் படுத்துவதற்கும், சீர் செய்வதற்கும் மனிதனுக்குச் சிறந்த வழியாக விளங்குகிறது. இதைக் கையாளுவதற்கான எளிதான வழி மனிதனது நோக்கத்திற்கு ஒத்து வராத அங்கஜீவிகளை ஒழித்தல் ஆகும். இம்முடிவை நாம் நினைவில் இருத்திக் கொள்வோம். பின்பு ஒரு கட்டத்தில், இயற்கையில் நிகழும் நிகழ்ச்சிகளுக்கு இது விளக்கமாக அமையும்.

இந்த விரிவுரையில் இது வரைக்கும் கண்டதைத் தொகுத்துக் கூறுவோம். அங்கக இயற்கைக்குஅடிப்படையான விதி ஒன்று உள்ளது, அதன்படி உயிரணு வெலிங்டோனியா, பயோபாப் போன்ற பிரம்மாண்டமான மரங்களை (இவற்றின் வயது பல ஆயிரமாண்டுகளாகக் கணக்கிடப்படுகிறது) உற்பத்தி செய்ய வல்லது எனினும் இதே ஊட்ட முறையில் முடிவில்லாமல் பல்க வல்லதல்ல. தாவர வடிவங்கள் நிலைத்திருப்பதற்கு அவை இரண்டு உயிரணுக்கள் கலந்து ஒன்றுவதன் மூலம் காலாகாலங்களில் தங்களைப் புதுப்பித்துக் கொள்வது இன்றியமையாதது. இரண்டு பால்கள் நிலவுவது குறித்த இந்த விதியின் முக்கியத்துவமும் பொருளும் அவசியமும் மர்மமாக உள்ளன. இது வெறும் அனுபவபூர்

வமான விதி. நமக்குத் தெரிந்த எல்லா விவரங்களின் கூட்டுச் சாட்சியமும் இதற்கு அடிப்படையாக உள்ளது.[1]

இந்த விதியில் இன்னும் பொதுவான ஒரு விதியின் பல தோற்றங்களில் ஒன்றை மட்டுமே காண நாம் உரிமையுள்ளவர்கள் போலும். உடலியல் ரீதியில் வேலைப் பிரிவினையின் உபயோகம் பற்றியது அந்தப் பொது விதி. இவ்விதிப்படி, மிக எளிமையான அமைப்புள்ள அங்கஜீவியில் ஒரு உயிரணுவால் நிறைவேற்றப்படும் வேலைகள், அங்கஜீவி சிக்கலில் அதிகரிப்பதற்கு ஏற்ப வெவ்வேறு உயிரணுக்களுக்கிடையே பகிர்ந்து கொள்ளப்படுகின்றன. தலைமுறைகளின் நீண்ட தொடரில் தன்னை எல்லா உறுப்புக்களுடனும் மீண்டும் உற்பத்தி செய்துகொள்ள ஒரு உயிரணுவுக்கு முடியாமல் இருக்கலாம். இந்த வேலை இரண்டு உயிரணுக்களுக்கிடையே பகிர்ந்து அளிக்கப்படலாம். இற்றில் ஒவ்வொன்றும் வருங்கால அங்கஜீவியின் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியை மட்டுமே உற்பத்தி செய்யலாம். இந்த இரண்டு உயிரணுக்களில் எந்த ஒன்றும் தனியாக மேற்கொண்டு வளரும் திறன் அற்றதாக இருக்கலாம். ஆனால் இந்த இரண்டு உயிரணுக்களுக்குள் நிலவும் வேறுபாடு யாது? ஒவ்வொரு உயிரணுவும் எந்த வளரும் பகுதியைத் தருகிறது? இவை யாவும் வருங்காலத்திற்குரிய பிரச்சினைகள். ஆனால் நமக்குத் தெரிந்த விவரங்களைக் கொண்டு ஒரு விஷயத்தை மட்டும் ஊகிக்கலாம். அங்கஜீவியின் அமைப்பு சிக்கலாக மாற மாற, பால் உயிரணுக்களிடையே சில புற வேறுபாடுகள் தோன்றுகின்றன, அதே சமயத்தில்

---

[1] சில கடல் பாசிகளில் கலவிச்செயல்முறை விசித்திரமாக நிகழுகிறது. இவற்றில் இரண்டு உயிரணுக்களுக்குப் பதிலாக மூன்று உயிரணுக்கள் பங்கு பெறுகின்றன. மற்ற அங்கக இயற்கையில் இது போன்ற நிகழ்ச்சி எங்கும் இல்லை. இவற்றில் ஒரு உயிரணு இரண்டாவது உயிரணுவினால் கருவுற்ற பின் மூன்றாவது உயிரணுவைக் கருவுறச் செய்கிறது. தன்னந்தனியானது எனினும் முற்றிலும் ஆதாரபூர்வமான இந்த விவரமும், மிக எளிய அங்கஜீவிகளில் பால்கள் இல்லாமையும், அளவுமீறி விரிவான பொதுமைப்பாடுகளிலிருந்தும் அங்கஜீவிகளுக்குரிய ஏதோ எதிர்நிலை நிலவுவதையும் இத்தகைய பிறவற்றையும் பற்றிய மாறாநிலைவாதச் சித்தாந்தங்களிலிருந்தும் நம்மைத் தடுக்கின்றன.

அவற்றிற்கு இடையே உள்ள உறவின் அளவு அதிகரிக்கிறது. பால்களின் முக்கியத்துவத்தைப் பொறுத்த மட்டிலும், நமக்கு இன்னும் ஒன்றுமே தெரியாது. எனவே இவை பற்றி உண்மை விவரங்களை ஆதாரமாகக் கொள்ளாத தெளிவற்ற அனுமானங்களில் ஈடுபடுவதை விட, இவற்றிற்கு விளக்கம் தராமல் இருப்பதே மேல்.

பூவின் முக்கியமான வேலை வளர்ந்து மாறிக்கொண்டிருக்கும் சூலினுள் விதையை, அதாவது முளைக்கருவைத் தோற்றுவித்தல். ஆனால் இது போன்று விதை உருவாவதை நாம் ஒரு சில விதைத் தாவரங்களில்தான் காண முடியும். உதாரணமாக, ருஷ்யாவில் உள்ள ஊசியிலை மரங்களிலும், உஷ்ண மண்டலத் தாவரமான சவ்வரிசிப் பனையிலும் காணலாம். சவ்வரிசிப் பனையின் ஓலைகள் கல்லறைகள்மீது பூவளையங்களுடன் சில சமயங்களில் வைக்கப்படுகின்றன. பைன் அல்லது பிர் மரத்தின் கூம்புகளின் மீதுள்ள செதில்களை நாம் நீக்கிவிட்டு அவற்றைப் பார்த்தால், அவற்றின் அடிப்பாகத்தில் கனிக்குடுமிகளுடன் கூடிய விதை ஒன்று இருப்பதைக் காணலாம். அணில்களுக்கு இவ்விதை இருப்பது தெரியும். அவை இவற்றைப் பெறச் செதில்களைப் பிய்த்துவிடுகின்றன. இவ்விதத் தாவரங்கள் **திறந்தவிதைத்** தாவரங்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இவை பூக்கும் தாவரங்களில் எளிமையான அமைப்புள்ளவை. இவற்றில் சூலறையோ அல்லது பூவிதழ்களோ கிடையா. இந்தத் **திறந்தவிதைத்** தாவரங்கள் அதிகச் செவ்வையான **மூடியவிதைத்** தாவரங்களை விட மிகப் பழமையானவை என்று புவி இயல் வாயிலாக அறிந்துகொள்கிறோம். நமக்கு முன்பே தெரிந்தபடி (விரிவுரை I) சூல்களை உள்ளடக்கிய உறுப்பு சூலகம் ஆகும். கருவுற்ற சூல்கள் விதைகளாக மாறும் போது சூலகம் பழமாக மாறுகிறது. சூலகத்தில் சூலிலைகள் உள்ளன. இவை ஒன்று (பியோனிப் பூ படம் 6, பக்கம் 47) அல்லது அதற்கு மேற்பட்டு இருக்கலாம். இந்தச் சூலிலைகள் இலைகளேயன்றி வேறில்லை. இவை தனிப்பட்ட ஒரு வழியில் மாறுதலுற்றுள்ளன. இவற்றின் விளிம்பில் சூல்கள் உள்ளன. சில வேளைகளில் சூலகம் மட்டுமல்ல, பூவின் அடுத்துள்ள பகங்களும் பழமாக மாறுகின்றன.

பூக்களை விடப் பழங்கள் பல தரப்பட்டவை. அவற்றில்

ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட விதைகள் இருக்கலாம், அவை உலர்ந்திருக்கலாம், அவை ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட சூலிலைகளால் உருவாகியிருக்கலாம், அவை விதைகளைச் சிதறப் பல தரப்பட்ட முறைகளில் வெடிக்கலாம். அவை சாறுள்ளவையாகவோ சதையுள்ளவையாகவோ இருக்கலாம், விதைகளுடன் ஒரே நேரத்தில் முதிரலாம். முதிர்ந்த பின்பு பழங்களும் விதைகளும் கீழே விழுவதோடு மட்டு மல்லாமல், அவை சிதறுவதற்குப் பல சாதனங்களைப் பெற்றுள்ளன. தவிர அவை சிதறுவது மட்டுமின்றி தூரப் பயணம் செய்யவும் முடியும். அவை பரவும் சாதனங்கள் காற்று, நீர், விலங்குகள் ஆகியவைதாம்.

தாவரம் விதையின் மூலம் இனவிருத்தி செய்யும் பொழுது இந்நிகழ்ச்சிகள் யாவற்றையும் காணலாம். இவ்விதைகளை ஓரளவுக்கு விலங்குகளின் முட்டைகளுக்கு ஒப்பிடலாம். ஆனால் மிக அபூர்வமான சில தாவரங்கள் ஒரு வகையில் ஜீவசந்ததி உற்பத்தி செய்பவையாக விளங்குகின்றன, அதாவது, அவற்றின் முளைக்கருக்கள் தாய்த் தாவரங்களின் மீதே வளர்ச்சி அடைந்து, தனிப்பிரிந்ததும் எவ்வித இடை நிறுத்தமும் இன்றிச் சுயேச்சையான வாழ்க்கையைத் தொடர்ந்து நடத்துகின்றன. இம்மாதிரித் தாவரங்களில் பழம் ஆற்றும் பங்கு சிறிதும் முக்கியம் அற்றது. இந்த வகுப்பைச் சேர்ந்த மாங்கிரோவ் என்னும் செடிகளை நான் விரிவுரை IIல் குறிப்பிட்டேன். இவற்றின் தனிப்பட்ட வாழ்க்கை முறை காரணமாக இச்செடிகள் மிகவும் அக்கறைக்குரியவையாக இருக்கின்றன. இவை ஏற்றவற்றத்துக்கு உட்படும் உஷ்ண மண்டலப் பிரதேசங்கள், தீவுகளின் கடற்கரைகளில் வளருகின்றன. இது போன்ற சூழ்நிலையில் சாதாரண விதைத் தாவரங்களின் விதைகள் நீர் வற்றத்தினுல் கடலில் அடித்துச் செல்லப்பட்டுவிடும். மாங்கிரோவ் செடிகள் இந்த அபாயத்தைக் கீழ்க்கண்ட முறைகளில் தவிர்க்கின்றன. இவற்றின் பழமும், விதையும் அனேகமாக வளர்வதில்லை. அவை தாய்ச் செடிக்கும், விரைவாக வளரும் முளைக்கருவிற்கும் இடையே தற்காலிக இணைப்பாக மட்டுமே விளங்குகின்றன. விதையிலைகளுக்குக் கீழ்ப் பக்கத்தில் உள்ள பகுதி யாவற்றிலும் விரைவில் வளருகிறது. அது பழத்தின் சுவரைத் துளையிடு

கிறது (அட்டவணை I, படம் 1). அது பெரிய, கனமான உறுப்பாக வளருகிறது. அதன் கீழ் முனை கூர்மையாக உள்ளது. இது விதையிலைகளிலிருந்து எளிதாகப் பிரிந்து செங்குத்தாக விழுந்து மிருதுவான வண்டல் மண்ணில் குத்தி நிற்கிறது. சில மணி நேரங்களுக்குள்ளாக இது வேர் விட்டு விதையிலைகளுக்கு இடையில் அடங்கியிருந்த முளைக்குருத்தை விரிக்கிறது. இம்முறையில் சாதகமற்றவையாகத் தோன்றும் இந்த நிலைமைகளிலும் கூட, செடியின் எதிர்கால வாழ்க்கைக்கு அடித்தளம் அமைக்கப்பட்டு விடுகிறது, இளம் செடி இடைநிறுத்தமின்றி வளருகிறது.

இது போன்று பல்வேறு வகைப் பழங்களுக்கும், முளைக்கரு மேற்கொண்டு உயிர் வாழ்வதற்கு அவை எங்ஙனம் வகை செய்கின்றன என்பதற்கும் இன்னும் உதாரணங்கள் தரலாம்.

தானியங்கள் அனேகமாக யாவற்றிலும் பாங்கற்ற பழங்கள். சாதாரண ஜனங்கள் இவற்றின் தானியத்தை விதை என்று எண்ணுகிறார்கள். உண்மையில் தானியத்தில் பழம் எது, விதை எது என்று வேறுபடுத்திக் காண்பது கடினந்தான். பூதக் கண்ணுடி ஒன்றின் உதவி கொண்டு அதன் உச்சியில் சூல்முடிகளின் எச்சங்களைக் காணலாம். ஊகா உள்ள தானியப் பயிர்களில் ஜீவசந்ததி உற்பத்தி செய்பவையும் உள்ளன. இந்தப் பண்பு *Poa vivipara* (ஜீவசந்ததி உற்பத்தி செய்யும் புல்) என்னும் செடியின் முக்கியமான பண்பு. மேலும் நாம் சாகுபடி செய்யும் தானியப் பயிர்களிலும், காற்றில் ஈரக்கசிவு அதிகம் இருக்கும் பொழுதும், இப்பண்பை நாம் காணலாம்.

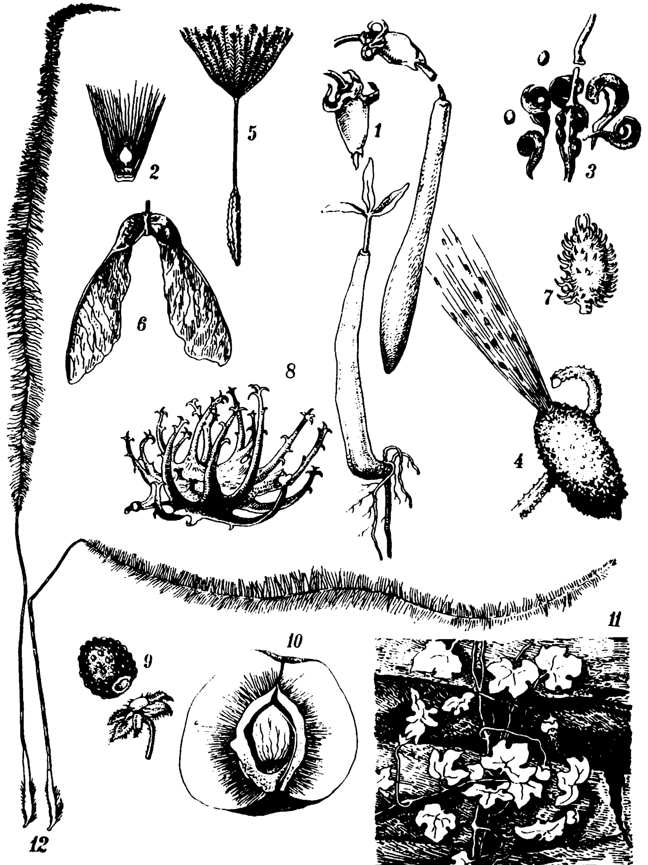
பல விதைகளுள்ள பழங்கள் வெவ்வேறு வகையானவை. அவை ஒரு சூலிலையிலிருந்து உருவாகும் ஒருபுற வெடிகனிகளாக இருக்கலாம் (பியோனி, படம் 6, பக்கம் 47), அல்லது பல சூலிலைகளிலிருந்து உருவாகியுள்ளவையும் விதைகளைச் சிதறுவதற்கு வெவ்வேறு விதங்களில் வெடிப்பவையுமான மிகமிகப் பல்வகைப்பட்ட விதையுறை வெடிகனிகளாக இருக்கலாம். பல கனிகளில் அக்கம் பக்கமாக உள்ள சூலிலைகளின் இணைப்பின் வழியாக வெடிப்புத் தோன்றுகிறது. மேலும், தோட்டைக் கழற்றி எறிந்துவிடுவதன் மூலமாகவோ அல்லது துளைகள் மூலமாகவோ (கசகசாச் செடி)

வேறு விதங்களிலோ கனிகள் வெடிக்கக்கூடும். விதைகள் தரையில் விழலாம். சில சமயம் அவற்றிற்குக் காற்றில் மிதப்பதற்கு ஏற்ப மயிர்கள் இருக்கலாம் (ஆஷ் மரம், பாப்ளார், அட்டவணை I, படம் 2). பல விசித்திரமான கனிகள் விதைகள் வெளிச் செல்லும் பொருட்டு வெடிப்பது மட்டுமின்றி அவற்றைக் கவண் எறிவது போல எறியவும் செய்கின்றன. இதற்கு நல்ல உதாரணம் மஞ்சள் வேலமரக் கனியின் ஓடு எனத் தவருக அழைக்கப்படும் விதையுறை. விதையுறையின் இரு மடிப்புக்களும் வெடித்துத் திறந்து கைக்கடிகாரச் சுருள் கம்பிகள் போலச் சுருண்டு முதிர்ந்த விதைகளை வெளியே தள்ளுகின்றன. விதை பரவுதலுக்கு விநோதமான முறையொன்று தொட்டாற்சுருங்கிச் செடியில் காணப்படுகிறது. இச்செடி நிழல் நிறைந்த இடங்களில் வளருகிறது. இதன் ஒல்லியான தண்டில், கொம்பு வடிவத்தில் மென்மையான இள மஞ்சள் நிறப் பூக்கள் அசைந்தாடுகின்றன. சில வாரங்களில் கோழி முட்டை வடிவமான பச்சைக் காய்கள் உருவாகின்றன. இவற்றின் இரு முனைகளும் கூர்மையாக உள்ளன. இக்காயைக் கையில் வைத்து இறுக மூடிக் கொண்டால், பிடிபட்ட வலியவண்டு கையிலிருந்து தப்புவிக்க எவ்வாறு கடு முயற்சி செய்யுமோ, அதைப் போன்று இப்பழமும் முயலுவதைக் கண்டு திடுக்கிடுவோம். கையைத் திறக்கும் பொழுது அதில் தனித்தனியாக முறுக்கிக்கொண்ட ஐந்து பகுதிகளையும் அவற்றின் மீது சிதறிய விதைகளையும் காண முடியும். காயின் முனையைச் சிறிது கிள்ளி எடுத்தால் அது உடனே வெடித்து விதைகளை நாலா பக்கத்திலும் சிதறடிக்கும் (அட்டவணை I, படம் 3). விரிவுரை VIIல் நாம் விளக்கிய திசுக்களுக்கிடையே உள்ள பரஸ்பர விறைப்புத் தன்மைக்கு உதாரணமாக இது விளங்குகிறது. வெளித்திசுனது நீரின் ஒரு பகுதியை ஏற்கனவே இழந்து விட்டது, உள்திசுவில் தண்ணீர் அளவுக்கு மேல் இருக்கிறது. இதனுல் ஒவ்வொரு மடிப்பும் வெளிப் பக்கமாகத் திரும்பவோ அல்லது திருகலாக முறுக்கிக் கொள்ளவோ கூட முயற்சி செய்கிறது. இதன்மூலம் விதைகள்வேகமாகவெளியே எறியப்படுகின்றன. காக்கஸஸ் பிரதேசத்தில் **பீச்சும் வெள்ளரி** என்னும் செடி வளருகிறது. லேசாக அமுக்கினுல், இப்பழம் தண்டிலிருந்து

பிரிந்து வந்து தன் திரவ உட்பொருள்களை விதைகளுடன் நீண்ட தூரத்திற்குப் பீச்சுகிறது (அட்டவணை I படம் 4). இயந்திர அமைப்பு இங்கும் அதே தான். விறைப்பான வெளித் திசு, பழத்தின் உட்பகுதியைத் துளையிடப்பட்ட ரப்பர் பந்தின் உறைபோல அழுத்துகிறது.

மேற்குறித்தபடி, காற்று, நீர், விலங்குகள் ஆகியவற்றின் மூலமாக விதைகள் பரவுகின்றன. **டான்டெலியன், ஆட்டுத் தாடிச் செடி** (அட்டவணை 1 படம் 5) ஆகியவற்றில் விதை பரவக் காற்று அதிகமாக உதவுகிறது. இவற்றின் பழுத்த பழத்தில் **கனிக்குடுமி** எனப்படும் மயிரடர்ந்த நீட்சி உள்ளது. இதனால் காற்று இதை எளிதாகத் தூக்கிச் செல்லு கிறது. **சிறகுக்கனி** எனப்படும் இது போன்ற வசதிகள் மேப்பிள் (அட்டவணை I, படம் 6), ஆஷ் மரம், பிர்ச் மரம் ஆகியவற்றில்காணப்படுகின்றன. குறிப்பிட்டஉயரத்திலிருந்து விழும் மர விதைகளில் தான் சிறகுக்கனி என்னும் சாதனம் காணப்படுகிறது. கனிக்குடுமியோ, உயரமான தாவரங்க ளிலும், குட்டையான தாவரங்களிலும் காணப்படுகிறது.

தண்ணீர் நீர்த்தாவரங்களின் விதைகளை மட்டுமல்லாமல், தரைத் தாவரங்களின் விதைகளையும் பரப்புகிறது. இன்னும் குறிப்பிடத் தக்கது என்னவென்றால் நமக்கு தெரிந்த கனிகள் யாவற்றிலும் பெரியவையான சாதாரணத் **தேங்காய்களையும்** அவற்றையும் விடப் பெரிய **கப்படத் தேங்காய்களையும்** நீர் பரப்புகிறது. கப்படத் தேங்காய்கள் எல்லா இயற்கை விஞ்ஞானக் காட்சிசாலைகளிலும் அலங்காரமாக விளங்கு கின்றன. இந்தத் தேங்காயை முதன் முதலாகப் பேரரசன் ருடால்பிற்கு ஒரு பிரயாணி காணிக்கையாக அளித்தான் என்றும், அவனுக்கு அதன் கொட்டாங்கச்சி பிடிக்கும் அளவு தங்க நாணயங்கள் பரிசாக அளிக்கப்பட்டன என்றும் கூறப்படுகிறது. கடற்கரையோரங்களில் உள்ள தென்னை களிலிருந்து தேங்காய்கள் கடலினுள் விழுகின்றன. கடல் அலைகள் அவற்றை நீண்ட தூரம் எடுத்துச் செல்லுகின்றன. தேங்காய்களின் வெளித்தோலான மட்டை கடல்நீர் சுவரு தது. இதன் உள்ளே உள்ள நார் அடுக்காகிய கூந்தலில் காற்று உள்ளது. இதனால் தேங்காய் தண்ணீரில் மிதக்கிறது. இதற்கு உள்ளே மிக உரப்பான ஓடு—கொட்டாங்கச்சி—உள்ளது.



அட்டவணை I

1. ஜீவசந்ததி உற்பத்தி செய்யும் மாங்கிரோவ் மரத்தின் கனி. 2. பாப்ளார் மரத்தின் கனிக்குடுமியுள்ள விதை. 3. தொட்டால் சுருங்கியின் வெடிக்கும் கனி. 4. பீச்சும் வெள்ளரியின் பிளக்கும் கனி. 5. ஆட்டுத்தாடிச் செடியின் கனிக்குடுமியுள்ள விதை. 6. மேப்பிள் கனியின் பறக்கும் சிறகுக்கனி. 7. க்ஸாந்தியுமின் ஒட்டும் கனி. 8. ஹாற்பகபிதோனின் ஒட்டும் கனி. 9. ஸ்ட்ராபெரியின் தசையுள்ள கூட்டுக் கனி. 10. தசையுள்ள பீச் பழம். 11. லினேரியாவில் விதை சிதறுதல். 12. இறகுப் புல் கனி தானாக ஊன்றிக்கொள்ளல்.

இதனுள் திரவம் நிறைந்திருக்கும், இது தேங்காய் நீர். இந்தத் திரவம் கடலில் தேங்காய் மிதந்து செல்லும் பொழுது முளைக்கருவிற்குத் தேவைப்படும் நன்னீர்ச் சேமிப்பாகப் பயன்படும்.

விலங்குகளும் விதைகளைப் பரப்புகின்றன. பழம் விலங்கின் உடலில் முதன்மையாக அதன் ரோமத்தில் ஒட்டிக் கொள்ளலாம். இது விலங்குடன் சென்று, ஒட்டிக்கொண்ட மாதிரியே தற்செயலாக விழுந்து விடும். இந்த முறையில் ஏற்றுமதி செய்யப்படும் கம்பளி ரோமத்துடன் பல தாவரங்கள் புதிய இடங்களுக்குச் செல்லுகின்றன. விதைகளைப் பரப்புவதற்குச் சாதனமாக விளங்குவதனுல் விலங்குகளுக்கு எவ்வித நன்மையும் கிடையாது. மாருக அவற்றின் உயிருக்கே அபாயம் நேரிடலாம். சாதாரணமாக முட்கள் அல்லது கொக்கிகள் உள்ள விதைகள் (அட்டவணை I, படம் 7) வேறு ஏதேனும் பொருளில் பட்டுத் தரையில் விழும் வரை விலங்குகளின் உடலில் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கின்றன. ஆனுல் இது எல்லாச் செடிகளுக்கும் பொருந்துவது அல்ல. **இறகுப் புல்லின்** விதையின் ஊகா அடியில் ஊசிபோலக் கூர்மையானது. இதன் மேற் பகுதியில் நீண்ட முட் சுணைகள் உள்ளன. உலர்ந்திருக்கும் பொழுது இந்தச் சுணைகள் அவற்றிற்கு அருகிலுள்ள எந்தப் பொருளையும் சுற்றி முறுக்கிக் கொள்கின்றன. இவை ஆட்டின் உரோமத்தில் பட்டால், அதில் சிக்கிக்கொண்டு ஆட்டின் தோலில் துளையிட்டு அதற்குத் தாங்க முடியாத வலியை ஏற்படுத்துகின்றன. சில சமயங்களில் மேய்ச்சல் நிலங்களில் இவை அதிகமாக உள்ளன. இதனுல் அங்கு மேயும் ஆடுகளின் தோல்களில் கணக்கற்ற துளைகள் ஏற்பட்டு அவற்றின் காரணமாகத் தோல் மதிப் பற்றுப் போய்விடுகிறது. தென் ஆப்பிரிக்காவில் வளரும் செடியான **ஹாற்பகபிதோன்** (அட்டவணை, I படம் 8) என்பதன் பழம் இன்னும் அபாயகரமானது. லெபாக் என்பவர் அதைப் பற்றிப் பின்வருமாறு கூறுகிருர். இதன் பழம் சிங்கத்தின் பிடரி மயிரில் ஒட்டிக்கொள்ளுமாம். அது இப்பழத்தை வெளியே எடுக்க முயற்சி செய்யும் பொழுது இப்பழத்தில் உள்ள முட்கள் அதன் வாயில் குத்திப் புகுந்துவிடுகின்றன.

சிங்கம் பழத்தை வெளியே எடுக்க முடியாமையால் சில வேளை களில் பட்டினியாகவே இருந்து சாக நேரிடும். பழங்களின் இவ் விதப் பயங்கரமான வடிவங்கள் விதை பரவுவதற்காக இல்லை, விலங்குகளிடமிருந்து தற்காப்பிற்காகவே இருக்கின்றன.

மற்ருெரு முறையில் விதைகள் பரவுவது விலங்குகளுக்கு எவ்வளவோ தீங்கற்றது, தாவரங்களுக்கு நன்மை தருவது. பூச்சிகளின் மூலம் மகரந்தச் சேர்க்கை நடைபெறுவதில் உள்ளது போல் இங்கும் பரஸ்பர நன்மை உள்ளது. பறவைகளும் பூச்சிகளும் காட்டு ஸ்ட்ராபெரி (அட்டவணை I, படம் 9) போன்ற ருசியுள்ள, சாறு நிரம்பிய பழங்களையோ, செர்ரி, பர்ட் செர்ரி, பீச் (அட்டவணை I, படம் 10), ராஸ்ப்பெரி போன்ற கொட்டைப் பழங்களையோ நாடி வருகின்றன. பறவைகளும் விலங்குகளும் இப்பழங்களைத் தின்று கழிவுப் பொருள்களாக வெளியேறும் விதைகளைப் பரப்புகின்றன. இம்முறையில் விதைகள் பரவ வேண்டுமாஞல், பழம் ருசியாக இருக்க வேண்டும், விலங்குகள் கண்ணிற்குப் படும் படியாக இருக்க வேண்டும். அதில் உள்ள விதைகள் எவ்விதச் சேதமுமின்றி விலங்கின் உணவுப் பாதை வழியாகச் சென்று வெளி வருவதாக இருக்க வேண்டும். விதை முதிராமல் இருக்கும் பொழுது, காய் புளிப்பாகவும், துவர்ப்பாகவும் இருக்கிறது. தவிர, அது பச்சையாக இருப்பதிஞல் இலை களிடையே அது மறைந்து காணப்படும். விதைகள் முதிர்ந்து, அவற்றைச் சுற்றிப் பாதுகாப்பான உறை வளர்ந்த பின்பு, பழத்தில் சர்க்கரை, கார்போஹைடிரேட் போன்ற உண வுப் பொருள்கள் அதிகமாகச் சேர்கின்றன. இப்பொழுது பழம் அழகிய நிறம் பெறுகிறது. அது பெரும்பாலும் மஞ்சளாகவோ அல்லது சிவப்பாகவோ இருக்கும். இம்முறையில் விதை விலங்கு மலத்துடன் சேர்ந்து பரவுதல் புதிதாகத் தோன்றவிருக்கும் செடிக்கு மிகச் சிறந்தது. ஏனென்ருல், அது வளரவிருக்கும் மண்ணில் உரம் மிகுதியாக இருக்கும்.

விதைகளை திரவ வடிவத்தில் உள்ள எருவில் ஊறப் போடுதல், அவற்றின் மீது தாது உப்பு நிறைந்த உரத்தைப் பூசுதல் போன்ற செயல்கள் நன்மை தரும் என்று விவசாய நிபுணர்கள் கூறுகிருர்கள். இது உரத்தைச் சிக்கனமாகப்

பயன்படுத்தும் முறை என்று அவர்கள் அறிந்திருக்கிறார்கள். இதே விஷயத்தைத் தாவரம் முன் கூட்டியே அறிந்துகொண்டது போலும். சில தாவரங்களுக்கு இது போன்று விலங்குகளின் ஜீரண மண்டலம் வழியாகப் பரவுவதுதான் ஒரே இன்றியமையாத வழி. அவற்றின் தனிவகையான வாழ்க்கை முறையே இதன் காரணம். உதாரணம் புல்லுருவி. இது ஒரு ஒட்டுண்ணி. இது நமது (ருஷ்யா) நாட்டின் தென் பாகங்களில் வளர்ந்து நமது பழ மரங்களுக்கு பலத்த சேதத்தை விளைவிக்கிறது. இதன் வெண்மையான பழங்களை பறவைகள் உண்டு அண்டை மரங்களின் கிளைகள் மீது எச்சமிடுகின்றன. மிகப் பிசுபிசுப்பான பறவை எச்சம் பூசிய புல்லுருவி விதைகள் மரத் தண்டுகளில் ஒட்டிக்கொண்டு வேர் விடுகின்றன. இந்த முறையில் புல்லுருவி ஒட்டுண்ணியாகத் தொடர்ந்து வாழ்கிறது.

விதை தெளிக்கும் பொழுது, மனிதன் முதலில் விதைகளைத் தூவுகிறான். பின்பு அவற்றை மண்ணினால் மூடுகிறான். இது எல்லோருக்கும் தெரியும். இந்தப் பிரச்சினையைத் தாவரங்கள் எப்படிச் சமாளிக்கின்றன என்பதை இரண்டு உதாரணங்கள் காட்டுகின்றன. உங்களுக்கு ஒரு வகையான கொடியைப் (லினேரியா, அட்டவணை I, படம் 11) பற்றித் தெரியும். இது பழைய சுவர்களின் மீதும், பாறைகளின் மீதும் படருகிறது. அதில் உள்ள உலர்ந்த விதையுறை வெடிகனிகள் எளிதில் வெடித்துச் சிறு உலர்ந்த விதைகளைச் சிதறுகின்றன. விதைகள் கரடுமுரடான செங்குத்துப் பரப்பில் இருக்க முடியாது எனத்தோன்றும். ஆனால் விதையுறைகள் வெடிக்கும் முன்பு சுவரின் சிறு சிறு வெடிப்புக்களுக்குள் புகுந்து கொள்கின்றன. விதைகளுக்கு இவ்வெடிப்புக்கள் காப்பிடங்களாக அமைகின்றன. இதற்கு நாம் எளிதாக விளக்கம் கூறலாம். இந்தப் பழங்களின் காம்புகளுக்கு எதிர் **ஒளித் திருப்பம்** என்னும் பண்பு உண்டு. வளர்ச்சியைப் பற்றிய நமது விரிவுரையில் இந்நிகழ்ச்சியைப் பற்றி நாம் கண்டோம். இத்தாவரத்தைப் பூந்தொட்டியில் வளர்ப்பதன் மூலம் இந்த நிகழ்ச்சியை நாம் நிரூபித்துக் காட்டலாம். இதில் பூக் காம்புகள் ஒளியை நோக்கியும் பழக் காம்புகள் ஒளியிலிருந்து எதிர்ப் புறமும் திரும்புகின்றன. பூந்தொட்டியில் இப்பண்

பினுல் ஒரு பயனும் இல்லே. ஆனுல் சுவரில் உள்ள வெடிப்பின் மேலாகக் கொடி படரும் பொழுது பழக் காம்புகள் அதற்குள் வளேந்து புகுந்து விதையைப் பாதுகாக்கின்றன.

தானே விதையூன்றிக் கொள்ளும் மற்ருெரு தாவரமான **தூவி இறகுப் புல்** இவ்விதத் தாவரங்களில் மிகச் சிறப்பானது. இது நமது நாட்டின் தென் பகுதியில் உள்ள ஸ்டெப்பிக்கு அழகு தருவது. இதன் ஊகா நீண்ட தூவிவடிவச் சுணேகள் கொண்டது (அட்டவணே I, படம் 12), இதனுல் காற்று இதை எளிதாக ஸ்தெப்பியில் வெகு தூரம் கொண்டு சென்று விடும். ஊகாவின் அடியில் மிகக் கூரான நீட்சி உண்டு. இதனுல் இது விழுந்ததும் தரையில் குத்தி ஊன்றிக்கொள்ளுகிறது. ஊகாவின் சுணேகளற்ற அடிப்பகுதி விரைவாக நீர் உறிஞ்சும் தன்மையுள்ளது, ஆகையால் இரண்டு இடங்களில் மடங்கு கிறது. இதனுல் தூவி இறகு மிக விரைவில் அனேகமாகக் கிடை மட்டநிலேயைஅடைகிறது.அப்பொழுதுதான் ஊகாவின் செங்குத்தான கீழ்ப் பகுதி முறுக்கிக்கொள்ள ஆரம்பிக் கிறது. அச்சைச் சுற்றிச் சுழன்று கொண்டிருக்கும் கிடை மட்டப் பகுதி ஏதாவதொரு புல் அல்லது வைக்கோலில் மாட்டிக்கொண்டு தடுக்கப்பட்டுவிடும். முறுக்கிக்கொள்ளும் செங்குத்துப் பகுதிக்கு இவ்வாறு ஆதார மையம் கிடைத்து விடும். ஊகாவின் கூர்மையான முனே தரையினுள் திருகாணி போன்று துளேயிட்டுச் செல்லும். விதை இரு மருங்கிலும் மேல்நோக்கி வளர்ந்துள்ள உரப்பான சுணேகளின் உதவியால் மண்ணுக்குள் நிலே பெற்று விடுகிறது. வாயு மண்டலத்தில் ஈரப் பசை அதிகமாக இருக்கும் பொழுது, விதை மறுபடியும் வெளியில் வரும் என்று நாம் எண்ணலாம். அப்பொழுதும் மேலே விவரித்த வரிசையிலேயே செயல் நடைபெறும். முதன் முதலில் இறகு போன்ற பகுதி விடுபடும். அது செங் குத்தான நிலேக்கு வந்து முறுக்கைப் பிரிக்கும். ஆனுல் இதனுல் விதை அசைவதில்லே. எனவே இறகுப் பகுதி முறுக்கிக் கொள்கையில் விதை தரையினுள் செல்லுகிறது. அப்பகுதி முறுக்கைப் பிரிக்கையில் விதை அசைவதில்லே. ஆக, முடிவான வெற்றி ஊகா மடங்குவது, சுற்றுவது என்ற இரு இயக்கங்களே அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளது. அறிவு டைமையை, அல்லது தத்துவவாதிகளின் பிரியமான மொழி

யில் கூறினுல் இவ்வித நோக்க ஈடுபாட்டை வெளிப்படுத்தும் வேறு தாவரம் இல்லே என்று கூறலாம்.

சமீப காலத்தில் இது போன்ற தாவரவியல் தத்துவ வாதிகள் குழு ஒன்று தோன்றியுள்ளது. மேலே விவரிக்கப் பட்டுள்ள நிகழ்ச்சி குறித்து இக்குழுவினர் தாவரத்துக்கு உணரும் தன்மை உண்டு, அதனுல் உணர முடியும், பகுத்தறிய முடியும், அதன் வழியை அதுவே தீர்மானிக்க முடியும், என்று வலிந்துரைக்கிருர்கள்.[1]

இவ்விதத் தத்துவவாதிகளுக்கு நாம் பதில் அளிக்கலாம். உலர்ந்த, உயிரற்ற உறுப்புக்களில் அறிவுள்ள செயல்களே நாம் காண்கிருேம். உண்மை, ஆனுல் இந்த அறிவு புறத்தோற்றம் மட்டும் தான். இதற்குரிய விளக்கத்தை நாம் தற்கால விஞ்ஞானத்தின் துல்லியத் தன்மை கொண்டு காண வேண்டுமே தவிரத் தாவரத்திற்கு ஏதோ அறிவுத் திறன் இருப்பதாகப் பாவித்துக் கொள்வதால் அல்ல. அதற்கும் விலங்கிற்கும் அல்லது மனிதனுக்கும் கூட ஒற்றுமை இருக்கிறது என்பதை அனுமானத்தால் அல்ல, நாம் நமது கடைசி விரிவுரையில் காணப் போவதுபோல, நவீன விஞ்ஞானத்தின் துல்லியமான முறைகளால் காண வேண்டும். இப்போது தாவரங்களும் விலங்குகளும் கற்பனேயில் அல்ல யதார்த்தத்தில் எப்படி ஒன்றையொன்று ஒத்திருக்கின்றன எதில் வேறுபடுகின்றன என்பதைக் காணலாம்.

---

[1] இந்தக் கருத்தின் தலேவராக ஜெர்மனியில் விளங்குபவர் பிரான்ஸே என்பவர். தாவரத்துக்கு ஆன்மா உண்டு என்ற அவரது போதனே ஏராளமான விளக்கப் படங்கள் உள்ள இரண்டு பெரிய தொகுதிகளே நிறைக்கிறது. நமது நாட்டில் இக்குழுவின் தலேவர்கள் பமீந்த்ஸினும், பரதீனும் ஆவர். இவர்களுள் மிக முக்கியமான மற்றொருவர் பேராசிரியர் போலவ்ட்ஸெவ். தாவரம் உணருகிறது, பகுத்தறிகிறது என்று தமது பாடப் புத்தகத்தில் அவர் கூறுகிருர்.

IX

தாவரமும் விலங்கும்

தாவரத்துக்கும் விலங்குக்கும் உள்ள வேறுபாடு பற்றி நிலவும் தற்காலக் கருத்துக்கள். தாவரத்தில் இயங்கு திறன். புரோட்டோபிளாசம், இயங்கும் இனப் பெருக்க உயிரணுக்கள், இயங்கும் ஆண்பாலணுக்கள் ஆகியவற்றின் நுட்பமான இயக்கம். வெளிச் சூழ்நிலைகள் (வெப்பம், ஒளி) காரணமாக உயர்நிலைத் தாவரங்களில் நிகழும் இயக்கம். உணர் உறுப்புக்கள். இந்த இயக்கங்களுக்குரிய இயந்திர அமைப்பு. தாமாக இயங்கும் உறுப்புக்கள். வெவ்வேறு இயக்கங்களின் பிரயோசனம்.

தாவரங்களிலும் விலங்குகளிலும் இயக்கத்தின் உட் செயல்முறையில் உள்ள ஒற்றுமை. ஊட்டச் செயல்முறையில் உள்ள ஒற்றுமை. சுவாசச் செயல்முறையில் உள்ள ஒற்றுமை. சுவாசமும் நொதித்தலும். விலங்குகளிலும் தாவரங்களிலும் தூண்டுதல், உணர்ச்சி நீக்கம் ஆகிய நிகழ்ச்சி களில் உள்ள ஒற்றுமை. தாவரத்துக்கு உணரும் திறன் உண்டா? விலங்கிற்கும் தாவரத்துக்கும் உள்ள வேறுபாடு பண்பு வேறுபாடல்ல, அளவு வேறுபாடு, தன்மையில் அல்ல, தரத்தில் உள்ள வேறுபாடு. சோதனை உடலியலின் விளைவு மொத்தம் இந்த விஞ்ஞானத்தின் பிரச்சினைகளை எல்லாம் தீர்த்துவிடவில்லை.

கடந்த விரிவுரைகளில் நாம் தாவர அங்கஜீவியின் மூன்று வேலைகளைப் பற்றிக் கற்றுக்கொண்டோம். அவையாவன: ஊட்டம், வளர்ச்சி, இனவிருத்தி. இனவிருத்தியை ஒரு நோக்கில் வளர்ச்சியின் ஒரு பகுதி நிகழ்ச்சி என்று அழைக்க

லாம். மேலெழுந்த வாரியாக இயற்கையைக் காணும் பொழுதும், ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் நாம் காணும் வடிவங்களையும் நிகழ்ச்சிகளையும் மட்டுமே கணக்கிலெடுக்கும் பொழுதும், தாவரத்தின் உயிர்ச் செயல்கள் முழுவதும், மேலே கூறிய மூன்று வேலைகளில் அடங்கியுள்ளன என்ற முடிவிற்கு நாம் எளிதில் வரலாம். இக்கருத்து பழங் காலத்திலிருந்தே தாவர வாழ்க்கை பற்றிய ஒரு சில வரையறுப்புக்களில் வழங்கி வருகிறது: **தாவரம் வாழ்கிறது** (அதாவது வளர்கிறது, உணவு உட்கொள்ளுகிறது), ஆனால் **இயக்கம் அற்றது** என்று கூறப்பட்டது. சில சமயங்களில் அது **சுயேச்சையான இயக்கம்** அற்றது என்று சேர்த்துக் கூறப்பட்டது. இயக்கமும் வெளிப்படைச் செயலும் இல்லாமைதான் தாவரத்துக்கும், விலங்கிற்குமுள்ள முக்கிய வேறுபாடாகக் கருதப்படுகிறது. மறுபுறம் இதனால்தான் உண்பதும் உறங்குவதும் தவிர அனேகமாக வேறு எதுவுமின்றி வெட்டியாக வாழும் மனிதன் மரம் போன்று வாழ்க்கை நடத்துவதாகச் சொல்லப்படுகிறான். ஆனால் தாவரத்தைப் பற்றி இவ்விதமான பொதுப்படையான கருத்து சரிதானா? தாவர உலகைப் பற்றிய பரந்த அறிவும், தாவரத்தின் வாழ்க்கை பற்றிய நுணுக்கமான ஆராய்ச்சியும், இக்கூற்று எவ்வளவு அவசரமான முடிவு என்பதை நிரூபித்து விடும். இயக்கம் இல்லை என்பதற்குப் பதிலாக, தாவரங்களில் இயக்கம் மிக அதிகமாகப் பரவியுள்ளதை நாம் வியப்புடன் கண்டுபிடிக்கிறோம்.

முதன் முதலில் உருப்பெருக்கியின் உதவி கொண்டு, முழு முதிர்ச்சி பெற்ற சேதமடையாத உயிரணு ஒன்றை முடிந்தவரை இயற்கையான சூழ்நிலையில் ஆராய்வோம். இதற்காக தண்டு, **இலை** அல்லது இளம் வேரின் மேற்பரப்பில் உள்ள ஒரே உயிரணு அல்லது உயிரணுக்களின் ஒற்றை அடுக்கால் ஆன மயிர்களை எடுத்துக்கொள்வோம். அல்லது வாலிஸ்நேரியா[1] போன்ற நீர்ப் பாசியின் இலை அல்லது தண்டின் பகுதி ஒன்றை ஒளி ஊடுருவும் அளவிற்கு மெல்லிதாக

---

[1] இது எந்த மீன்காட்சிச் சாலையிலும் காணப்படும் தாவரம். கருவுறல் நடைபெறும் காலத்தில் இந்தத் தாவரத்தில் நடக்கும் அக்கறைக்குரிய நிகழ்ச்சிகள் முந்திய விரிவுரையில் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன (படம் 69).

வும் அதே சமயத்தில் வெட்டுப் படாத உயிரணுக் களுக்கு இடையூறு ஏற்படாத விதத்திலும் கூரிய கத்தி யால் நுண்மையாக நறுக்கிக்கொள்வோம். நீர்ப் பூண்டு கள் இது போன்ற ஆராய்ச்சிகளுக்குச் சௌ கரியமான வை. ஏனென்றால் உருப்பெருக்கியின் மூலம் நிகழும் ஆராய்ச்சி கள் தண்ணீரில் வைத்தே செய்யப்படுகின்றன. எனவே உயிரணு தன் இயற்கையான ஊடகத்தில் இருக்கிறது. இயற்கை நிபந்தனைகள் யாவும் இருந்தால், அதாவது உஷ்ண நிலை அளவு கடந்து குறையாமலும் உயிரணு சேதமடையாம லும் இருந்தால், அங்கக உலகில் நடைபெறும் மிக விசித்திர மான நிகழ்ச்சி ஒன்று சிறிது நேரத்தில் நமது கண்ணுக்குப் புலப்படுகிறது. உயிரணுச் சாறு அல்லது உயிரணுவில் உள்ள பொருள்களில் புரோட்டோபிளாசம்[1] என்று நாம் அழைத்த பகுதி (இது தடிப்பான திரவப் படிவாக உயிரணுச் சுவர் களின் உள்பரப்பின்மேல் படிந்திருக்கும், அல்லது அதிக நீர்த்த சாறு நிரம்பிய உயிரணுக் குழியின் குறுக்கே மெல்லிய இழைகளாக நீண்டிருக்கும்) முதலில் மெதுவாக அசைகிறது, பின்பு வேகமாக ஒவ்வொரு உயிரணுவிலும் இயங்குகிறது.[2] இந்த இயக்கம் வாலிஸ்நேரியா போன்ற உதாரணங்களில் சிறப்பாகத் தெளிவாகத் தெரிகிறது. ஏனென்றால் அதன் புரோட்டோபிளாசத்தில் பளிச்சென்ற பச்சை நிறமுள்ள பச்சையக் கணிகங்கள் மிதக்கின்றன. இக்கணிகங்கள் புரோட்டோபிளாசத்தின் விரைந்த ஓட்டத்தால் அடித்துச் செல்லப்பட்டு ஒரு நீளப் போக்குச் சுவரை ஒட்டினாற்போல மிதந்து, குறுக்குச் சுவரோரமாக மறு நீளப் போக்குச் சுவரை ஒட்டிச் சென்று, மீண்டும் இரண்டாவது குறுக்குச் சுவரை ஒட்டிப் போய்ப் புறப்பட்ட இடத்தை அடைந்து இது போன்ற சுற்றுப் பிரயாணத்தைத் திருப்பித் திருப்பிச் செய்த வண்ணமாயிருக்கின்றன. புரோட்டோபிளாசத்தின் இந்த

[1] விரிவுரை II ஐக் காணவும்.

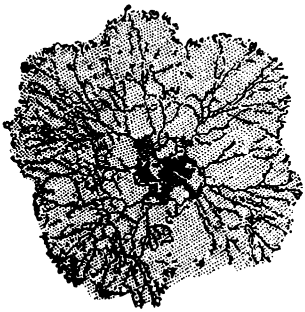
[2] இந்த இயக்கம் உருப்பெருக்கியினால் பெரிதாக்கிக் காட்டப்படுகிறது என்பதை நினைவில் இறுத்திக்கொள்வது அவசியம். உண்மையில் இது மிக மெதுவான இயக்கம், கடிகாரத்தின் நிமிட முள்ளின் இயக்கத்தைவிட விரைவானது அல்ல.

விரைந்த சுழல் இயக்கத்தை அதே உயிரணுவில் மணிக்கணக்காகவும் நாட்கணக்காகவும் அவதானிக்கலாம். புரோட்டோ பிளாசம் இழைகளின் பொதுவான வலைப்பின்னலாக இருக்கக் கூடிய உயிரணுக்களில் இந்த இயக்கம் சுவர்களை ஒட்டிய வட்ட ஓட்டமாக மட்டும் இல்லாமல் உயிரணுக் குழியின் குறுக்கே மெல்லிய தாரைகளாகவும் பெருகக் காணப்படுகிறது. இவ்வித இயக்கத்தை எந்த மயிர்களிலும் காணலாம். உதாரணம் ட்ரேடஸ்கான்தியா (படம் 15), செந்தொட்டியின் கொட்டு மயிர். புதிய பழச் சதையின் உயிரணுக்களிலும் உதாரணமாக, தர்பூஸ் பழத்தின் நன்கு பழுத்த பகுதிகளில் கண்ணுக்குத் தெரியும்படியாக இருக்கும் உயிரணுக்களில் இதைக் காணலாம். இவற்றில் உள்ள உயிரணுக்களில் சிலவற்றை ஊசியால் எடுத்து உருப்பெருக்கியின் கீழ் வைத்தால் அவற்றில் புரோட்டோபிளாசத்தின் இந்த நீரோட்டம் போன்ற விசித்திர இயக்கம் தென்படும். இம்முறையில் புரோட்டோபிளாசம் இந்த உயிரணுக்களில் தொடர்ந்து இயங்கிக்கொண்டிருக்கிறது என்பது தெரிகிறது. இந்த இயக்கம் தானாக நிகழ்வது. வெளியிலிருந்து செயல் புரியும் பௌதிகக் காரணிகள், உதாரணமாக வெப்பம், மின்சாரம் போன்றவை, இந்த இயக்கத்தை விரைவுபடுத்தலாம் அல்லது தாமதப்படுத்தலாம், முற்றிலும் நிறுத்தியும் விடலாம். எனினும் இத்தகைய காரணிகள் இந்த இயக்கத்தைத் தோற்றுவிப்பதில்லை. இது போன்ற பல விதமான இயக்கங்கள் பற்றி நமக்குத் தெரிய வந்திருக்கின்றது. அவற்றிலிருந்து இந்த இயக்கம் எல்லா உயிரணுக்களுடையவும் புரோட்டோபிளாசத்திற்கு குறைந்த பட்சம் அவற்றின் வாழ்க்கையில் ஒரு குறிப்பிட்ட கட்டத்தில் உரிய பண்பாக இருப்பது பெரிதும் சாத்தியமே என்று படுகிறது.

சில உதாரணங்களில் புரோட்டோபிளாசத்தின் இந்த இயக்கம் இன்னும் விந்தையான முறையில், வெறுங் கண்களால் பார்க்கத் தக்க அளவுகளில் வெளிப்படுகிறது. நீண்ட நாட்களாக விஞ்ஞானிகள் விலங்குகளா அல்லது தாவரங்களா என்று அறியாதிருந்த ஒருசில தனிவகைப்பட்ட அங்கஜீவிகள் உள்ளன. தற்பொழுதும் கூடச் சிலர் அவற்றைத் தனியான மூன்றாவது வகை உயிரினம் என்று எண்ணுகிறார்

கள். ஆனால் அவற்றை மிகவும் எளிமையான அமைப்புள்ள தாவரங்களான காளான் இனத்தில் சேர்க்க வேண்டும். இந்த அங்கஜீவிகள் **கோழைக்** காளான்கள் எனப்படுகின்றன. ஏனெனில் தங்கள் வாழ்க்கையின் பெரும் பகுதியில் இவை எவ்விதக் கட்டமைப்பும் இன்றி, உயிரணுச் சுவர்கள் இன்றி, வெறும் புரோட்டோபிளாசத் திரளாக நிலவுகின்றன; எனவே இவை நிறமற்ற, இளம் பழுப்பான, அல்லது பளிச்சென்ற மஞ்சள் நிறக் கோழை போன்று காணப்படு கின்றன. இந்த அங்கஜீவிகள் மக்கிப் போகும் மரம், இலைகள் ஆகியவற்றின் மேற்பரப்பில் தோன்றுகின்றன. தோல் பதனிடும் ஆலைகளில் அடுக்கி வைக்கப்பட்டுள்ள மரப்பட்டை களின் மீது இது போன்ற ஒரு வகைக் காளான் காணப்படு கிறது. திட்டவட்டமான உருவம் எதுவுமில்லாத தொகுப் பாக, தடிப்பான மஞ்சள் நிறப் பாலேடு போன்று இது காணப்படுகிறது. மரப் பட்டைத் துண்டுகளுக்கிடையே இது மெல்லிய இழைகளாகப் புகுந்து செல்லுகிறது. அல்லது பல வகைகளில் கிளைத்த, அல்லது நெருக்கமாகச் சேர்ந்த தொகுப்புக்களாக அவற்றின் மேற்பரப்பில் குழுமியிருக்கிறது (அட்டவணை II, III). இந்த அரைத் திரவத் திரள்களின் (இவை பிளாஸ்மோடியம் எனப்படும்) நிலையை ஏதாவது ஒரு விதத்தில் குறியிட்டு வைத்தால், சிறிது நேரத்திற்குள் ளாக அவை முன்பு இருந்த இடத்தை விட்டுக் கணிசமாக நகர்ந்திருப்பதையும், அவற்றின் வடிவம் மாறி இருப்பதை யும் கண்டு பெரிதும் வியப்படைவோம். பிளாஸ்மோடியத் தின் நுண்ணிய சிறு கிளை ஒன்றை உற்று நோக்கினால் அல்லது உருப்பெருக்கி கொண்டு ஆராய்ந்தால், அது உண்மையில் இயங்குகிறது என்பது தெளிவாகிறது. இக்கிளைகளிலிருந்து பல புடைப்புக்கள் உருவாகின்றன. இவற்றினுள் அடுத்துள்ள பகுதிகளின் புரோட்டோபிளாசம் பெருகுகிறது. இந்தப் புடைப்புக்கள் விரைவில் உள்ளுக்கு இழுக்கப்பட்டு பொதுத் திரளில் உட்கொள்ளப்படுகின்றன. இன்னொரு புடைப்பு தோன்றுகிறது, புரோட்டோபிளாசம் அதனுள் பாய்கிறது. இது போன்று நீண்டு சுருங்குவதன் மூலம் பிளாஸ்மோடியம் எப்பொழுதும் ஒரு குறிப்பிட்ட திசையை நோக்கி ஊர்ந்து செல்லுகிறது (படம் 74, 75). அது தன் நிலையை மாற்று

கிறது, ஒளியை நோக்கிச் செல்லுகிறது, வழியிலுள்ள தாள், கண்ணாடி போன்ற எந்த விதமான பொருள்கள் மீதும் அது ஊர்ந்து செல்லுகிறது. சுருக்கமாக, இனவிருத்தி செய்வதற்குரிய காலம் வரும் மட்டும் அது அங்குமிங்கும் அலைகிறது. பின்பு அது நிச்சயமான வடிவற்ற, உள்ளங்கை அகலமுள்ள அடை போல மாறி விடுகிறது. இதன் சுவர் மிக எளிதில் நொறுங்கும் தன்மையுள்ளதாக இருக்கிறது. இதனுள் மிகநுண்ணிய தூள் உருவாகிறது. முதிர்ந்த பந்துக்காளானை மிதித்தால் கிளம்பும் தூள் போன்றது இது. இத்தூளில் மிகச்சிறு உயிரணுக்கள் உள்ளன. இவை விதைத் தூள்கள். இவை இந்த அங்க ஜீவியின் இனவிருத்திக்கு உதவுகின்றன. முளைக்கும் பொழுது கோழைக் காளானின் விதைத்தூள்கள் உயிரணுச் சுவர்களை அகற்றிவிட்டுக் கண்ணுக்குத் தெரியாத புரோட்டோபிளாசத் தொகுப்புக்களாக மாறுகின்றன. இவை தம் வடிவத்தைத் தொடர்ந்து மாற்றிக்கொண்டே இருக்கின்றன (படம்74). இவை சிறு அளவில், பிளாஸ்மோடியத்தில் காணப்படும் இயக்கத்தையே வெளிக் காட்டுகின்றன. இது எளிதில் புரியக் கூடியதே. ஏனெனில் வெறுங் கண்ணுக்குத் தென்படும் புரோட்டோபிளாசத் திரள்களான பிளாஸ்மோடியங்கள் விதைத்தூள்களிலிருந்து தோன்றிய எண்ணற்ற புரோட்டோபிளாசத் தொகுப்புக்கள் ஒன்று கலப்பதாலேயே உருவாகின்றன (படம் 75).

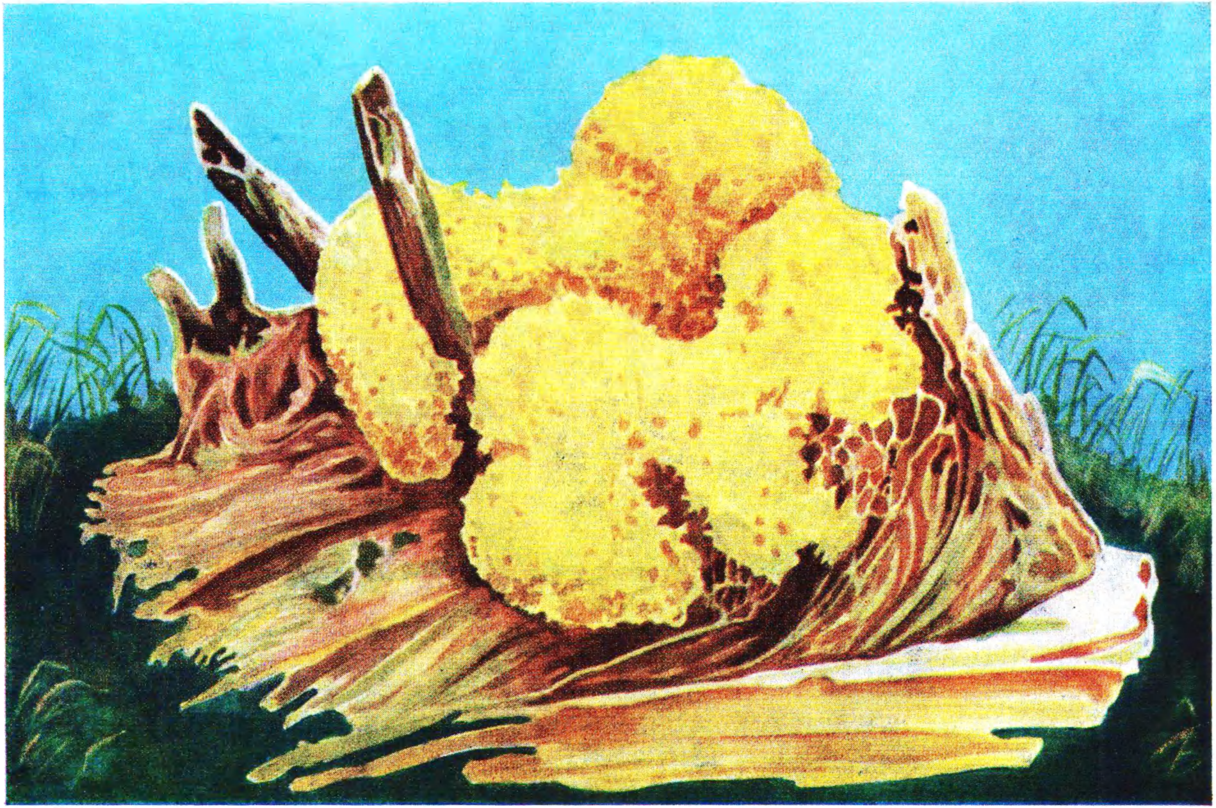


படம் 74

விலங்கு, தாவரம் ஆகிய எதையும் சேர்ந்த எல்லா வித உயிரணுவினதும் அஸ்திவாரமாக விளங்கும் புரோட்டோபிளாசத்திற்குத் தனிப்பட்டதொரு இயங்கும் தன்மை இருக்கிறது என்பதை இவ்வாறு நாம் காண்கிறோம். இந்த இயக்கத்தை இன்னும் யாரும் போதிய அளவு விளக்கவில்லை. உயிரணுச் சுவர் இருந்தாலும் சரி, கோழைக்காளான்



அட்டவணை II



அட்டவணை III

போன்றவற்றில் உள்ளது போன்று சுவர் இல்லாமல் இருந்தாலும் சரி, இயக்கம் நடந்துகொண்டே இருக்கிறது.[1]

தாவர உயிரணுவில் உள்ள இயக்கத்திற்குரிய உதாரணங்கள் இவை மட்டுமல்ல. இதுவரை வடிவமற்ற திரள்களின் பெருகும் இயக்கத்தைப் பற்றி மட்டும் ஆராய்ந்



படம் 75

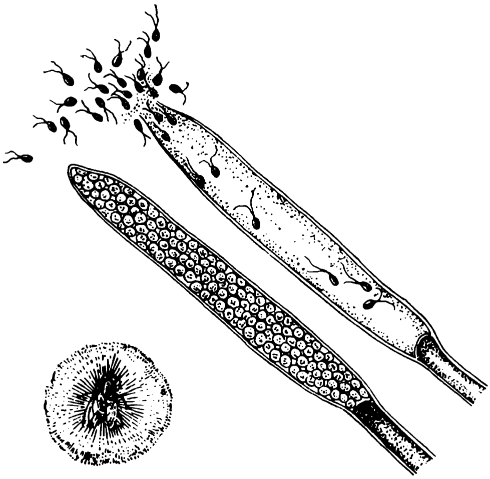
தோம். இப்பொழுது உயிரணு முழுவதற்கும் உரிய முன்னேறும் இயக்கம் பற்றிக் காணலாம். இந்நிகழ்ச்சிக்கு விதைத் தூள் தாவரங்களில் எண்ணற்ற உதாரணங்கள் உள்ளன. முதன்மையாக நாம் தினசரி பார்க்கும் தாவரங்களிலிருந்து இவற்றில் சிலவற்றைத் தோன்றியபடி தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்வோம். செத்த ஈ ஒன்றை எடுத்துத் தண்ணீரில் போடு

[1] பௌதிகக் கண்ணோட்டத்தில் இதற்கு விளக்கம் கொடுக்க முற்றிலும் திருப்தி அளிக்கும் முயற்சி செய்யப் பட்டுள்ளது. அதை இங்கு விவரிக்க முடியாது. ஏனென்றால் அதற்கு நாம் பௌதிகத்தில் நெடுந்தூரம் செல்ல நேரிடும். இரண்டு திரவங்களைக் கலந்தால் இவையே போன்ற வடிவங்களையும், இயக்கத்தையும் நாம் உருப்பெருக்கி மூலம் காணலாம் என்று மட்டுமே கூற முடியும்.

வோம். இரண்டு மூன்று நாட்களில் மெல்லிய வெண் தூவி ஈயின் உடலைச் சுற்றி ஒளிவட்டம் போன்று தோன்றியிருப்பதைக் காணலாம்(படம் 76). இது பூஞ்சணம், அதாவது நுண்ணிய காளான். இதன் கதிர்கள் போன்ற கிளைகளை உருப்பெருக்கியின் மூலம் பார்த்தால், அவற்றின் முனைகளில் நீளமான பைகள் இருப்பதைக் காணலாம். இவற்றில் நிறமற்ற கணிகங்கள் உள்ளன (படம் 76). இந்தப் பைகளில் சிலவற்றை நீருக்கடியில் விட்டு வைத்து உருப்பெருக்கியின் மூலம் அவ்வப்பொழுது கவனித்து வந்தால் ஒரு குறிப்பிட்ட கட்டத்தில் இவற்றில் ஒன்று உச்சியில் உடைந்து உள்ளிருக்கும் கணிகங்களை வெளி விடுவதைக் கட்டாயமாகக் காண்போம். இக்கணிகங்கள் திறப்பிற்கு முன்பாகக் குழுமும். ஒவ்வொரு கணிகத்திற்கும் முன் நுனியில் இரண்டு கசைகள் இருப்பதைக் காண்போம். ஒரு சில விஞடிகளுக்குள்ளாக இவை யாவும் நடுங்க ஆரம்பிக்கும். ஒவ்வொன்ருகத் தொடங்கி, எல்லாக் கணிகங்களும் விரைந்து இயங்கி ஒரு சுழலில் சுற்றும். பின்பு இவை நாற்புறமும் சிதறி ஓடும். இவற்றின் கசைகள் மிக விரைவாக அசைவதிஞல் அவை அரிதாகவே தென்படும். இது போன்று நீண்ட நேரம் அவை உருப்பெருக்கியின் பார்வைப் புலம் முழுவதின் குறுக்காகவும் அங்குமிங்கும் நீந்துவதும் ஒன்ருேடொன்றும் எதிர்ப்படும் பொருள்கள் மீதும் மோதுவதும், அப்பால் தாவிக் குதித்து பின்பு வேறு திசையில் செல்லுவதுமாக விரைந்து இயங்கிக்கொண்டிருக்கின்றன.

இன்புசோரியா என்னும் விலங்கின நுண்ணுயிர்களின் இயக்கத்திலிருந்து இந்த இயக்கத்தை வேறுபடுத்திக் காண்பது அரிது. தாவரங்களின் இயக்கமின்மை பற்றி நிலவும் கருத்துக்களுக்கு இது முற்றிலும் முரணுக இருப்பதால் இதை முதன்முதலில் பார்த்தவர்கள் தங்கள் கண்களையே நம்பவில்லை. இவை தாவரங்கள் என நம்பவே அவர்கள் மறுத்துவிட்டார்கள். தாவரங்களுக்கு உள்ளே வளரும் விலங்குகள்தாம் இந்த இயக்கத்திற்குக் காரணம் என்று அவர்கள் கூறிஞர்கள். இந்த இயங்கும் உயிரணுக்கள் சிறிது நேரம் சென்ற பின்பு அசையா நிலையை அடைந்து, முளைத்து புதிய அங்கஜீவி ஒன்றை உருவாக்குகின்றன. ஆகையிஞல் இவை விதைத்தூள்கள். இவை விலங்குகளைப் போன்று இருப்பதால்

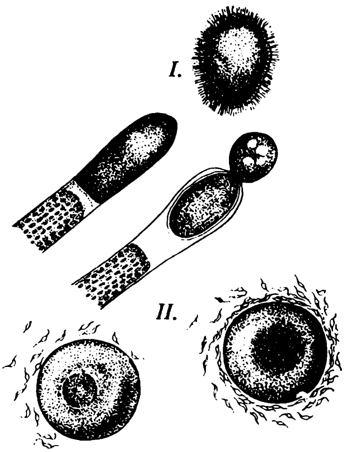
ஜூவோஸ்போர்கள், (அதாவது விலங்கு விதைத்தூள்கள், அல்லது, இன்னும் சரியாகச் சொன்னுல், இயங்கு விதைத் தூள்கள்) என அழைக்கப்பட்டன. மற்ருெரு வகை இயங்கு விதைத் தூள்களைப் பற்றிக் காண்போம். இவை நீர்ப் பாசி வகையைச் சேர்ந்தவை. குளங்கள், ஓடைகள், குட்டைகள் ஆகியவற்றில் மூழ்கியுள்ள பொருள்களின் மீதும், சில வேளை



படம் 76

களில் ஈரமான மண்ணின் மீதும் கூட, பசுமை நிறமான பாசி படர்ந்திருப்பதை நாம் காணலாம். இது பல கிளைகள் உள்ள குழலான ஒரு உயிரணுவால் ஆனது. கோடைக் காலத்தில் இந்தப் பாசியைத் தண்ணீர் நிறைந்த டம்ளரில் விட்டு வைத்தால், ஒவ்வொரு நாள் காலையிலும் விசித்திரமான நிகழ்ச்சி ஒன்றைக் காண முடியும்: டம்ளரில் ஒளிபடும் பகுதியில் தண்ணீர் மட்டத்தில் பச்சை நிறமான கோடு ஒன்று தோன்றும். இப்பச்சை நிறக் கோட்டின் மீது ஒளிபடாத வண்ணம் டம்ளரை நாம் திருப்பி வைத்தால், பச்சை நிறக் கோடு மறையும். அக்கோடு இப்பொழுது ஒளிபடும் இடத்தில் மறுபடியும் தோன்றும். இப்பரிசோதனையை எத்தனை தடவை திருப்பிச் செய்தாலும், இதே முடிவை நாம் பெறுகி

ரேம். இங்கு காணப்படும் பச்சை நிறமான பொருளுக்கு இயங்கும் திறன் உண்டு, அது எப்போதும் ஒளியை நோக்கிச் செல்லுகிறது. இந்தப் பச்சை நிறப் பொருளில் அடங் கியுள்ளவை, அதன் மூலம் ஆகியவை பற்றி இப்பொழுது



படம் 77

ஆராய்வோம். ஒரு சொட்டுத் தண்ணீரில் இதை வைத்து உருப்பெருக்கியின் உதவியால் நோக்கினல் அதில் அங்குமிங் கும் நீந்திக் கொண்டிருக்கும் பச்சை நிறமான உயிரணுக்கள் ஏராளமாக இருப்பதைக் காண் போம் (படம் 77—I, மேலே). இந்த உயிரணுக்களுக்குச் சுவர் கள் இல்லை. மேற்பரப்பு முழு வதிலும் மினுமினுக்கும் கசை கள் உள்ள புரோட்டோபி ளாசத் திரள்களால் ஆனவை இவை. இப்பொழுது நாம் பா சிக்கும் இந்தப் பச்சை நிறமான இயங்கும் உயிரணுக்களுக்கும் என்ன உறவு இருக்கிறது என்று காண்போம். பாசியில் உள்ள பச்சை நிறமான குழாய்களின் முனையில் குண்டூசிக் குமிழ்கள் போன்ற புடைப்புக்கள் இருப்பதைக் காண்கிறேம். இவற் றில் கரும் பச்சை நிறமான, தடிப்பான தொகுப்புக்கள் இருப்பதை நாம் பார்க்கிறேம் (படம் 77—I). இம்மாதிரி ஒரு புடைப்பைச் சற்று நேரம் உற்று நோக்கிக்கொண்டே வந்தால் (இவ்வுற்று நோக்குதலை அதிகாலையில் செய்ய வேண் டும். ஏனென்றல் பகலில் இச்செயல் நின்று விடுகிறது), இந்தப் பச்சை நிறத் தொகுப்புவட்ட அல்லது கோழிமுட்டை வடிவமான பொருளாக மாறி, பையின் முனையைக் கிழித்துக் கொண்டு வெளி வந்து இயங்கத் தொடங்குகிறது (படம்77 —I). இது நீர்ப் பாசியின் புரோட்டோபிளாசத்திலிருந்து உருவான பெரிய இயங்கு விதைத்தூள்.

தாவரங்களில் நிகழும் இயக்கம் இயங்கு விதைத்தூள் களுக்கு மட்டுமே உரித்தானதல்ல. கடந்த விரிவுரையில்

இந்தத் தாவரங்களில் பால் வேறுபாடு தெளிவாக உள்ளது என்று கண்டோம். ஆனால் விஷயத்தைச் சுலபமாகப் புரிந்து கொள்ளுவதற்காக இயக்கமில்லாதவையும் ஒன்று கலப்பதன் வாயிலாக மட்டுமே தொடர்பு கொள்பவையுமான ஆண், பெண் உயிரணுக்கள் உள்ள தாவரங்களை மட்டுமே உதாரணங்களாக நாம் தேர்ந்தெடுத்தோம். ஆனால் பெரும்பாலானவற்றில், ஆண் உயிரணு இயங்கும் தன்மை உள்ளது. அது தனிப்பட்ட உறுப்பில் உள்ள பெண் உயிரணுவைத் தேடிச் செல்லுகிறது. மிக, மிக அபூர்வமான உதாரணங்களில் ஆண், பெண் ஆகிய இரு உயிரணுக்களும், தற்பொழுது கூறப்பட்ட இயங்கு விதைத்தூள்கள் போன்று, இயங்கும் தன்மை படைத்தவை. அவற்றின் இயக்கம் அவற்றைப் பக்கத்தில் கொண்டு வருகிறது. அவை இதனால் சந்தித்து ஒரே திரளாக, ஒரு உயிரணுவாக, ஒரு விதைத்தூளாகக் கலந்து ஒன்றுகின்றன. உண்மையில், நீர்ப் பூண்டுகள், பாசிகள், பெரணிகள், குதிரை வால் செடிகள், நிலப் பாசிகள் ஆகியவற்றில் ஆண் உயிரணுதான் இயங்கும் தன்மை உள்ளது. மிக அடிக்கடி அது புரியாக முறுக்கிய, கசைகளுள்ள, கோல் வடிவாக மாறுகிறது. **ஆந்தரசாயிடுகள்** எனப்படும் இந்த **இயங்கும் ஆண்பாலணுக்களுக்கு** இரு விதமான இயக்கங்கள் உண்டு. அவை முன்னேக்கியும் விரைவாகச் செல்லுகின்றன, தங்கள் அச்சைச் சுற்றியும் சுழலுகின்றன. விதைத்தாவரங்களில் இயங்காத மகரந்தத் தூள் சூல்முடியை அடைவதற்கு ஏற்ற சிக்கலான தகவமைப்புக்கள் மூலம் நிகழும் கருவுறுதல் இங்கு ஆண் உயிரணுக்களின் இயக்கத்தினால், இயங்கும் ஆண்பாலணுக்களால் நடைபெறுகிறது[1]. பாசிகளின் இயங்கும் ஆண்பாலணுக்கள் எளிதாகத் தென்படுகின்றன. வசந்த காலத்தில் காடுகளிலும் சதுப்புநிலங்களிலும் பெரிய பாசி ஒன்றன் தண்டை எடுத்து, அந்தப் பருவத்தில் பல தண்டுகளின் நுனியில் தென்படும் மாறிய இலைகளின் விகாரமான

---

[1] சில தாவரங்களின் **மகரந்தக்** குழாய்களில் இயங்கு ஆண்பாலணுக்கள் காணப்பட்டுள்ளன என்பதைச் சென்ற விரிவுரையில் குறிப்பிட்டோம். இந்த உண்மையின் முக்கியத்துவத்தை அடுத்த விரிவுரையில் புரிந்துகொள்வோம்.

உருண்டையான, மிருதுவான, பச்சை நிறமுள்ள குஞ்சங்களாகக் காணப்படும் பழுப்பு நிறக் கொத்துக்களை விரல்களுக்கிடையே வைத்து நாம் நசுக்கினால், சின்ன வெண் துளிகள் வெளி வரும். இத்தகைய ஒவ்வொரு துளியிலும் லட்சக்கணக்கான இயங்கும் ஆண்பாலணுக்கள் உள்ளன. படம் 77—IIல் பால்டிக் கடலில் காணப்படும் **பியூக்கஸ்** என்னும் கடற்பாசியின் பெண் உயிரணு கருவுறுதல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த உயிரணு தானாக இயங்கும் தன்மை அற்றது. ஆனால் இயங்கும் ஆண்பாலணுக்கள் அதைச் சூழ்ந்து மொய்த்து, சில சமயங்களில் அதைச் சுற்றித் தடிப்பான அடுக்காக அப்பி அதைத் தம்முடன் கொண்டு செல்லுகின்றன.

உருப்பெருக்கியின் மூலம் தோன்றும் தாவர உலகம் இயக்கம் நிறைந்தது என்று தெரிகிறது. தர்பூஸ் பழத்தின் உயிரணுக்களில் புரோட்டோபிளாசம் இயங்குகிறது. பாசிகள் நிரம்பிய நீர் நிலை ஒவ்வொன்றிலும், எண்ணற்ற இயங்கு விதைத்தூள்கள் நீந்துகின்றன. மாலைப் பனியின் துளிகளில் பாசிகள், பெரணிகள் ஆகியவற்றின் இயங்கும் ஆண்பாலணுக்கள் இயங்குகின்றன. இவை பெண் உயிரணுக்களைக் கருவுறுத்துவதற்காக அவற்றை நோக்கிச் செல்லுகின்றன. ஆனால் இயக்கம் என்னும் நிகழ்ச்சியை அதிக வெளிப்படையான வடிவத்தில், நாம் வெறுங் கண்களால் அவதானிக்கக் கூடியவையும் நமது மனத்தில் ''தாவரம்'' என்ற சொல்லுடன் இயல்பாக இணைந்தவையுமான உறுப்புக்களிலும் தாவரங்களிலும் நாம் காண்பதில்லையா? இவ்வித நிகழ்ச்சிகள் நுண்ணுயிர் இயக்கங்களைப் போல அவ்வளவு அடிக்கடி நிகழ்வதில்லை ஆயினும் இவற்றை எளிதில் புலப்படுத்த முடியும். உஷ்ண நாடுகளிலோ நமது வெப்ப அறைகளிலோ வளரும் தாவரங்களில் இவை மிகவும் தெளிவாக உள்ளன. இதற்குரிய காரணத்தைப் புரிந்துகொள்வது எளிது. தாவரத்தில் நிகழும் எல்லா வகை இயக்கங்களும் உஷ்ண நிலை உயரும் பொழுது விரைவடைகின்றன. உதாரணமாக புரோட்டோபிளாசத்தின் இயக்கத்தை வெப்பம், அல்லது குளிர்ச்சிக்கு உட்படுத்துவதன் மூலமாக விரைவுபடுத்தவோ அல்லது நிறுத்தவோ முடியும்.

உயர்நிலைத் தாவரங்களில் உள்ள இயக்கம் பற்றிப் பேசும் பொழுது நாம் இரண்டு விதமான இயக்கங்களை வேறுபடுத்திக்கொள்ள வேண்டும். இவற்றில் சில இயக்கங் கள் மெதுவானவை, படிப்படியானவை. வளர்ச்சியைப் போன்று விளைவுகளைக் கொண்டுதான் அவற்றை நாம் காணமுடியும். அவை மாறுபடும் வெளி நிலைமைகளைப் பொறுத்துள்ளன. இன்னும் சில இயக்கங்கள் விலங்குகளின் இயக்கங்கள் போன்று விரைவாக, விட்டு விட்டு நிகழ்பவை. விலங்குகளில் நிகழ்வது போன்று அவை புறத் தூண்டுதல் காரணமாகவோ அல்லது எவ்விதத் தூண்டுதலும் இல்லாமல் தன்னிச்சையாகப் போலவோ நிகழ்கின்றன.

தாவரத்தின் தூக்கம் எனப்படும் இயக்கங்கள் முதல் வகையைச் சார்ந்தவை. இவை பகலிலும் இரவிலும் வெவ் வேறு நேரங்களில் இலை, பூப் பகுதிகள் ஆகியவற்றின் நிலை மாறுதல்கள் தாம். இவை எல்லாத் தாவரங்களிலும் உண்டு. ஆனால் சில தாவரங்களில் இவை தெளிவாகத் தெரிகின்றன. வெளிர் சிவப்பு நிறக் குளோவர் என்னும் மூவிலைப்புல் வயல் ஒரு நாளில் பல சமயங்களில் பல விதமாகக் காட்சி தரும். பகல் நேரத்தில் அதன் பரப்பு ஒரு சீராகப் போல இருக்கும். ஏனென்றால் சிற்றிலைகள் கிடைமட்டமாக உள்ளன. அவை தம் மீது விழும் சூரிய ஒளியை வானை நோக்கித் திரும்பிய தமது முழுப் பரப்பினாலும் ஏந்தும். மாறாக அந்தி நேரத்தில் வயல் பறட்டையாயிருப்பது போலத் தோன்றும். தனித் தனிச் சிற்றிலைகளை நாம் சற்று நெருங்கிக் கவனித்தால் இலை யின் மூன்று அலகுகளும் உயர்ந்திருப்பதைக் காண்போம். அவற்றின் பரப்பு முழுவதற்கும் பதிலாக விளிம்புகள் மட்டு மே இப்பொழுது வானை நோக்கித் திரும்பியுள்ளன. பக்கத்து அலகுகள் இரண்டும் ஒன்றாகக் குவிந்துள்ளன, மூன்றாவது அலகு அவற்றின் பொது விளிம்புடன் அழுத்தமாகப் பொருந் தியிருக்கிறது. வேறு சில செடிகளின் இலை அலகுகள் இரவு நிலையில் கீழ் நோக்கித் திரும்புகின்றன. எனவே அவை வாடி யவை போன்று காணப்படுகின்றன. மாறாகக் குளோவர் செடியிலோ அவை உயருகின்றன. இங்கு நாம் தனிப்பட்ட வகையான இயந்திர இயக்கத்தைக் காண்கிறோம் என்பது தெளிவு.

பூ உறுப்புக்களில் தூக்க இயக்கங்கள் இன்னும் துலக்க மாகத் தெரிகின்றன. உதாரணமாக, பகல் நேரத்தில் நமது தோட்டப் புல் தரைகளின் ஒருசீரான பச்சை நிறத்தைக் கெடுக்கும் டான்டெலியன் செடிகளின் மஞ்சள் பூத்தலைகளை நாம் அதிகாலையிலும், அந்தி நேரத்திலும் காண்பதில்லை. ஏனென்றால் இப்பூ சூரிய ஒளி இருக்கும் பொழுது தான் மலருகிறது. மப்பும் மந்தாரமும் ஆக இருக்கும் பகலிலும் இது கூம்பியே இருக்கிறது. ஆனால் மற்றப் பூக்கள் பகல் நேரத்தில் கூம்பி விடுகின்றன. இதற்கு உதாரணம் **ஆட்டுத் தாடிச் செடி.** இதன் மஞ்சள் நிறப் பூக்கள் டான்டெலியன் பூவைப் போன்றவைதாம், ஆனால் அளவில் பெரியவை. இவை அதிகாலையில் மலர்கின்றன, பத்து அல்லது பதினொரு மணி வாக்கில் கூம்பி விடுகின்றன. பதினெட்டாம் நூற்றாண்டுத் தாவரவியல் அறிஞர்கள் கவனத்தை இந்நிகழ்ச்சி, மிக அதிகமாகக் கவர்ந்தது. **பூ மணிகளைக்** கடைப்பிடிக்கலாம், அதாவது, பல்வேறு பூக்கள் மலர்வது, கூம்புவது போன்ற நிகழ்ச்சிகளைக் கொண்டு நாளின் நேரத்தைக் கணக்கிடலாம் என்றுகூட யோசனை கூறப்பட்டது.

இந்த நிகழ்ச்சிகள் யாவும் வெப்பம், ஒளி போன்றவற்றின் செயலைப் பொறுத்துள்ளன என்று எளிதில் நிரூபிக்க முடியும். இதற்கு கிராக்கஸ் செடி சிறப்பாகச் சௌகரியமானது. அதன் பெரிய பூக்கள் பகலில் மலர்கின்றன, இரவில் கூம்புகின்றன. இதே செயலை நாம் இச்செடியை ஒளியிலும் இருட்டிலும் மாற்றி மாற்றி வைப்பதன் மூலமும், குளிர்ந்த இடத்திலிருந்து வெப்பமான இடத்திற்கும் வெப்பமான இடத்திலிருந்து குளிர்ந்த இடத்திற்கும் மாற்றுவதன் மூலமும் தோற்றுவிக்கலாம். 5 முதல் 10 டிகிரி சென்டிகிரேடு உஷ்ணநிலை வேறுபாடே ஒரு சில நிமிடங்களில் அப்பூவைத் திறந்து மூடச் செய்யும். இந்நிகழ்ச்சிக்குக் காரணம், இயங்கும் உறுப்பின் மேல் கீழ்ப் பகுதிகள் அல்லது வெளி உட் பகுதிகளுக்கிடையே உள்ள வளர்ச்சி வேறுபாடு அல்லது திசுக்களின் விறைப்புத் தன்மையின் வேறுபாடாகும். ஒளி வளர்ச்சியைத் தடைப்படுத்துகிறது என்று நாம் ஏற்கனவே கண்டோம். எனவே இதன் விளைவாக, வெளிப் பகுதியின் வளர்ச்சி கட்டுப்படுத்தப்படும். உட்பகுதி விரைவாக

வளரும். இதனுல் உறுப்பு வெளிப் புறமாக வளைய முற்படும். இதனுல் பூ மலரும். இப்பொழுது உள் (அல்லது மேல்) பகுதிகள் ஒளி படும்படியாக இருக்கின்றன. வெளி (அல்லது கீழ்) பகுதிகள் நிழலில் இருக்கின்றன. இதனுல் இவை உட்பகுதிகளை விட விரைவாக வளரும். எனவே பூ கூம்பி விடும். உஷ்ணநிலை வேறுபாடுகளின் விளைவையும் இதே போன்று விளக்கலாம்.

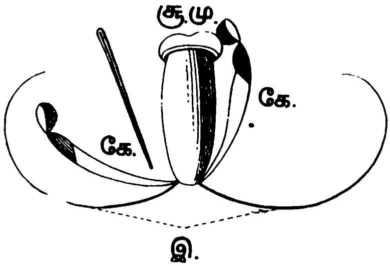
இம்மாதிரி இயக்கங்களின் தன்மை இத்தகையது. முடிவான விளைவில் ஒழுங்கற்ற வளர்ச்சியை இவற்றுக்குக் காரணமாகக் கூறலாம். உண்மையில் இவை வளர்ந்து கொண்டிருக்கும் உறுப்புக்களில் மட்டும்தான் காணப்படுகின்றன.[1] மற்றெரு வகையான இயக்கங்கள் இவற்றிலிருந்து வேருனவை. இந்த இயக்கங்கள் விரைவாக, அனேகமாகக் கணப் போதில் தூண்டுதல் காரணமாகவோ அல்லது தூண்டல் இல்லாமலேயே தாளுகப் போலவோ நிகழ்கின்றன. இந் நிகழ்ச்சிக்குரிய சில உதாரணங்களைக் காண்போம். எல்லோருக்கும் நன்கு தெரிந்த பார்பெரிச் செடியில் அவதானிக்கப்பட்ட மிக எளிய நிகழ்ச்சியிலிருந்து தொடங்குவோம். இந்தச் செடியின் சிறு ரோஜா போன்ற மஞ்சள் பூவின் மத்தியில் சூலகம் உள்ளது. இதன் சூல்முடியைச் சுற்றி ஆறு கேசரங்கள் உள்ளன (படம் 78—சூ. மு.).[2] கேசரங்கள் இடது பக்கத்தில் கே. என்று குறிப்பிட்டுள்ள நிலையில் சகஜமாக வளருகின்றன. ஆனுல் (படத்தில் காட்டியுள்ளபடி) மகரந்தத் தாளின் அடியை ஊசி கொண்டு தொட்டதுமே கேசரம் சட்டென்று இயங்கி வலது பக்கத்தில் காட்டப்

---

[1] இந்த நிகழ்ச்சிகளில் சில வேறு வகையைச் சேர்ந்தவையாக இருக்கின்றன. இவை தனிப்பட்ட வகைத் திசு ஒன்றைப் பொறுத்தவை. இத்திசுவில் தண்ணீரின் அளவு மாறுகிறது. இதனுல் உயிரணுக்களின் விறைப்புத் தன்மையும் மாறுகிறது. இது போன்ற சந்தர்ப்பங்களில், இந்நிகழ்ச்சியை முழுவதும் வளர்ந்த தாவரங்களிலும் காணலாம். இலைகளின் தூக்க இயக்கங்கள் இவ்வகையைச் சேர்ந்தவை.

[2] படம் 78ல் பார்பெரிப் பூவின் நெடுக்கு வெட்டுத் தோற்றம் காட்டப்பட்டுள்ளது. இ.—அல்லிகளின் நிலையைக் குறிக்கிறது; கே., கே.—கேசரங்களைக் குறிக்கிறது; சூ. மு.—சூல் முடியுள்ள சூலகம்.

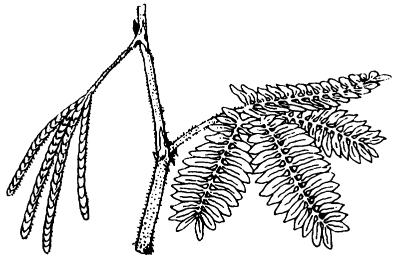
பட்டுள்ள கே. என்ற நிலைக்கு வருகிறது. அதாவது அது சூல் முடியைத் தொடுகிறது. இதே நிலையில் அது சற்று நேரம் இருக்கிறது. பின்பு படிப்படியாகப் பழைய நிலையை அடைகிறது. மறுபடியும் தூண்டப்பட்டதுமே இது சூல்முடியை அடைகிறது. ஓரளவு வேறு விதமானது என்றாலும் தூண்டுதல் காரணமாக நிகழும் இயக்கம் கார்ன் பூ, நெருஞ்சி, ஆர்டி கோக் போன்றவற்றின் கேசரங்களிலும் காணப்படுகிறது.



படம் 78

இவை யாவும் வெறுங்கண்களுக்குப் புலப்படாதவை அல்ல எனினும் மிகச் சிறு உறுப்புக்களில் நிகழும் இயக்கங்கள். எனவே இவை நமது வெப்பத்தோட்டங்களில் வளரும் நுண் உணர்வுள்ள தொட்டாற்சுருங்கி இலைகளில் தூண்டுதல் காரணமாக நிகழும் இயக்கத்தைப் போன்று வியப்பூட்டுவதில்லை. இச்செடியைப் பற்றிக் கேள்விப்பட்டே இராத ஒருவனுக்கு, இதன் இலைகள் தொட்டதும் மூடிக்கொள்வதை முதன்முறை காணும் பொழுது உண்டாகும் பெரு வியப்பு கவனிக்கத் தக்கது. அப்பொழுதுதான் இயக்கம் செடிகளின் இயல்பு அல்ல என்ற தினப்படி அனுபவத்தை ஆதாரமாகக் கொண்ட கருத்து எவ்வளவு ஆழமாக மக்களிடையே வேரூன்றியுள்ளது என்று நாம் உணர்ந்துகொள்ள முடியும். சகஜ நிலையில், தொட்டாற்சுருங்கியின் இலை படம் 79ல் வலது பக்கம் காட்டப்பட்டுள்ளபடி தோன்றுகிறது. இது கூட்டு இலை. இதில் உள்ள முக்கிய இலைக் காம்பில் விசிறி போன்று நான்கு துணைக் காம்புகள் உள்ளன. இக்காம்புகளில் ஜோடி ஜோடியாகச் சிற்றிலைகள் பல உள்ளன. நாம் இலைகளைத்

தொடவோ, அல்லது தூண்டி விடவோ செய்தால் போதும், அவை உடனே அசையும். சிற்றிலைகள் உயர்ந்து, அமர்ந் திருக்கும் வண்ணத்துப் பூச்சியின் இறகுகள்போல மூடிக்கொள் ளும். நான்கு விரிந்த துணைக் காம்புகளும் ஒருங்கே கூம்பி விடும். முடிவில் முக்கியக் காம்பும் துவண்டு தொங்கிவிடும். இப்பொழுது படம் 79ல் இடது பக்கம் காட்டப்பட்ட இலைபோன்று செடி முழுவதும் தோன்றும். சுற்றும் உள்ள



படம் 79

உஷ்ணநிலை எவ்வளவு அதிகமாக இருக்கிறதோ, இயக்கம் அவ்வளவு விரைவுபடும். தூண்டுதல் நின்றவுடன் இலைகள் படிப்படியாகப் பழைய நிலையை அடையும். மறுபடியும் தூண்டப்பட்டால், இதே நிகழ்ச்சி மீண்டும் நடக்கும்.

புறத் தூண்டுதலினால் நிகழும் வேகமான இயக்கம் ஒன்றை இங்கு நாம் காண்கிறோம். இது விலங்குகள் துன்பம் தரும் தீண்டலிலிருந்து விலகுவதற்காகச் செய்யும் இயக்கத் தை நம் நினைவிற்குக் கொண்டு வருகிறது. இந்நிகழ்ச்சியை விளக்க முடியுமா? ஆம், இல்லை, இரண்டுமே இக்கேள்வியின் பதில்கள். இந்த நிகழ்ச்சியின் அணித்தான இயந்திர அமைப் பை நாம் விளக்க முடியும். ஆனால் தூண்டுதலால் ஏற்படு வதும் இயக்கத்தை ஏற்படுத்துவதுமான கிளர்ச்சியின் தன் மையை விளக்க முடியாது. சிற்றிலைகள் துணைக் காம்புடன் இணையும் இடத்திலும், துணைக் காம்புகள் முக்கியக் காம்புடன் இணையும் இடத்திலும், முடிவாக, முக்கியக் காம்பு தண்டுடன் இணையும் இடத்திலும் இந்த இயக்கம் நிகழ்கிறது. மூட்டுக்கள் அல்லது கணுக்கள் எனப்படும் இந்த இடங்களில்

எல்லாம் தனிப்பட்ட புடைப்புக்கள் அல்லது திண்டுகள் காணப்படும். இந்த இலைத் திண்டுகள் அல்லது அதைப்புக் கள் தனிப்பட்ட திசுக்களினுல் உருவாக்கப்படுகின்றன. இத் திசுக்களின் உயிரணுக்களில் சாறு அளவுக்கு மேல் நிறைந்தி ருக்கிறது. இதனுல் இப்பகுதிகள் எப்பொழுதுமே விறைத்த நிலையில்உள்ளன.இலைகள்தூண்டப்பட்டவுடன்இந்தவிறைப்பு சட்டெனத் தளர்ந்து விடுகிறது. அது தலைகீழாக மாற்றவும் படுகிறது. உதாரணமாக இலைக் காம்பின் அடித்தளமாக அமைந்துள்ள அதைப்பின் கீழ்ப் பாதித் திசுக்களின் விறைப்பு இலைக் காம்பைக் கிடை மட்டமாகவும் சற்று மேல் தூக்கிய நிலையிலுங்கூட (படத்தின் வலது பக்கத்தில் உள்ளது போல) வைத்திருக்கிறது. ஆனுல் தூண்டப்படும் பொழுதெல்லாம் அதைப்பின் இப்பகுதி விறைப்பு இழந்து, தொய்ந்து, பிகுவற்றது ஆகிவிடுகிறது. அப்போது அது காம்பைத் தாங்க முடிவதில்லை, இதனுல் காம்பு துவள்கிறது அல்லது இன்னும் பிகுவுடன் இருக்கும் அதைப்பின் மேற்பகுதியால் கீழ்நோக்கி வளைக்கப்படுகிறது. இந்த முறையில் அதைப்பின் மேல் கீழ் ஆகிய இரண்டு பகுதிகளும் எப்போதும் ஒன்றிற்கொன்று நேர் எதிரிடையாக உள்ளன. சகஜமான நிலையில் கீழ்ப் பகுதி யின் விறைப்பு அதிகம், இதனுல் காம்பு உயர்ந்து இருக்கிறது. தூண்டப்படும் பொழுது, கீழ்ப் பகுதியின் விறைப்பு குறை கிறது, மேல் பகுதியின் விறைப்பு அதிகமாகிறது. இதனுல் இலை கீழ் நோக்கி வளைகிறது. காம்புகளுடன் சிற்றிலைகள் இணையுமிடத்தில் இதற்கு நேர்மாமுன செயல் நிகழ்கிறது. அதைப்பின் (சோளமணி அளவான வெண் குமிழ் வடிவில் இங்கு இது காணப்படுகின்றது) மேற்பகுதி கீழ்ப் பகுதியை விட விறைப்புள்ளதாக இருக்கிறது. இதனுல் இலைகள் கிடை மட்டமாகப் பரவியுள்ளன, அல்லது அவை சற்று கீழ் நோக்கி வளைந்துள்ளன. ஆனுல் தூண்டப்படும் பொழுது, இந்த மேல் பகுதியின் விறைப்பு குன்றுகிறது. எனவே இலைகள் கீழ்ப் பகுதியினது விறைப்பின் பாதிப்புக்கு மட்டுமே உட்படுகின் றன. இதனுல் அவை மேல் நோக்கி உயர்ந்து மூடிக் கொள் ளுகின்றன. எனவே இந்த இயக்கத்திற்குக் காரணம், அதைப் பின் பகுதிகளில் ஒன்றின் திசுவில் திடீரென்று விறைப்பு அற்றுப்போய் விடுவதாகும். மீள் விசையுடன் இருந்த திசு

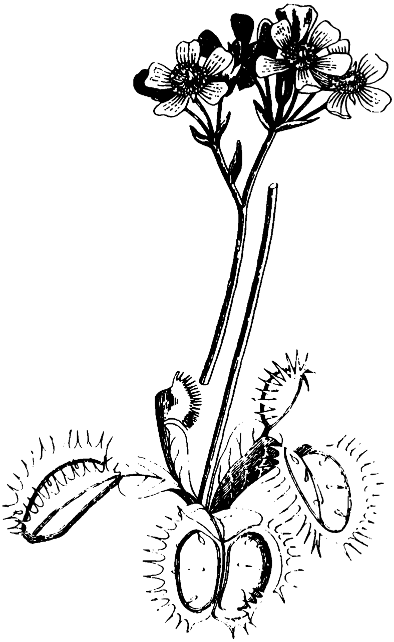
திடீரென்று தொய்ந்துவிடுவதனுல் எதிர்ப்புள்ள இரு பாதி களுக்கு இடையே உள்ள சமநிலே குலேகிறது. இலே அல்லது சிற்றிலே இதற்கு ஏற்ப இயங்குகிறது. ஆனுல் இந்தத் திடீர்த் தளர்ச்சிக்கு, விறைப்பு நிலே அற்றுப்போவதற்குக் காரண மென்ன? அதை எப்படி விளக்குவது? விறைப்புத் தன்மை யை இழக்கும் விசித்திரப் பண்புள்ள திசு, அதற்கு எதிர்ப்பு நிலேயில் உள்ள அதைப்புப் பகுதியின் உயிரணுக்களேவிட மெல் லிய சுவர்கள் கொண்ட உயிரணுக்களால் ஆனது என்பதை உருப்பெருக்கி காட்டுகிறது. தவிர, தூண்டுதலிற்கு உட்படக் கூடிய திசுக்களின் உயிரணுக்களுக்கிடையே காற்று நிறைந்த வெளிகள் உள்ளன. தூண்டல் ஏற்படும் பொழுது, இந்த இடைவெளிகளில் திரவம் நிரம்புகிறது. இதை எளிதில் நிரூபிக்கலாம். காம்பின் அடிப் பக்கத்தில் உள்ள தடிப்பான அதைப்பை நாம் உற்றுக் கவனித்தால், தூண்டல் ஏற்படும் பொழுது அந்த இடத்தில் ஒருவகை நிழல் ஓடுவதைக் காணலாம். இப்பகுதி திடீரென இருண்டு விடுகிறது. பல ஜோடி இலேகளே அவை தூண்டல் அடையும் விதத்திலும் அதே சமயம் மூடிக்கொள்ள முடியாதவாறும் இரு கை களாலும் சட்டென்று மென்மையாகப் பற்றிக்கொண்டாலும் இதே செயல் இன்னும் துலக்கமாக நிகழுகிறது. மேலே நாம் சோள மணிகளுடன் ஒப்பிட்டவையும் ஒவ்வொரு சிற்றிலேயின் அடியிலும் உள்ளவையுமான தடித்த அதைப்புக் கள் நிறத்தில் மாறுபடுவதை அப்போது காண்கிறேம். ஆரம் பத்தில் மங்கிய வெண்மையாக இருந்த இவை ஒளிபுகும் பச்சையாகின்றன. இலேகளிலிருந்து கையை எடுத்தவுடனே யே அவை மூடிக்கொள்ளும். இவ்விதத் திடீர் நிற வேறுபாட் டிற்குக் காரணம் என்ன? வெண்பனி, வடிதாள், மங்கிய கண் ணுடி ஆகியவற்றின் மீது தண்ணீர் தெளித்தால் அவற்றின் வெண்மையான மேற்பரப்பில் கறுப்புப் புள்ளி உருவாவதற்கு என்ன காரணமோ, அதே தான் இந்த நிற வேறுபாட்டிற்கும் காரணம். இந்த எல்லாப் பொருள்களிலும் வெண்மை தோன்றுவதற்குக் காரணம், காற்றுடன் தொடர்புற்ற எண்ணற்ற சிறு மேற்பரப்புக்கள் ஒளியைப் பிரதிபலிப்பது தான். ஆனுல் காற்றிற்குப் பதிலாக நீர் படும்போதெல்லாம் பிரதிபலித்தல் நிகழாது. இதனுல் பொருள்களின் ஒளிபுகும்

தன்மை அதிகரித்து வெண்மை நிறம் மங்குகிறது. நேரடிப் பரிசோதனை இவ்விளக்கம் சரியானது எனக் காட்டுகிறது. இலைக் காம்பின் அதைப்பினது கீழ்ப்பகுதியைச் சிறிது கீறினுல் இயக்கம் ஏற்படும் பொழுது கீறலிலிருந்து ஒரு சொட்டு நீர் வெளி வருவதை நாம் காணலாம். தூண்டல் காரண மாக ஏற்கனவே தொய்ந்துவிட்ட இலையில் இதே போன்று கீறல் ஏற்படுத்தினுல் நீர்த் துளி ஒன்றும் வெளி வருவதில்லை. உயிரணுக்களிலிருந்து வெளி வரும் இந்த நீர், திசுவில் உயி ரணுக்களுக்கு இடையே உள்ள வெளிகளில் நிரம்பியுள்ளது. இது உரிய நேரத்தில் உட்கொள்ளப்படுகிறது, அல்லது ஆவியாகிவிடுகிறது. அப்பொழுது உயிரணுக்களில் மறுபடியும் நீர் நிரம்புகிறது. மேற்கொண்டு தூண்டப்படும் வரை திசு மறுபடியும் விறைப்புத் தன்மையை அடைகிறது.

எனவே நமது கவனத்தைக் கவர்ந்த நிகழ்ச்சிக்குரிய காரணம் முடிவாக இதுதான்: தூண்டுதலுக்கு உட்படும் திசுவின் மென் சுவருள்ள உயிரணுக்களிலிருந்து அவற்றில் அள வுக்குமேல் நிரம்பியுள்ள நீர் விரைவாக வெளியே வருகிறது. இதனுல் திசு விரைவில் பிகுவை இழக்கிறது. ஆனுல் தூண்டு தலை ஒட்டி ஏன் தண்ணீர் வெளியேற வேண்டும்? உயிரணுக் களை அளவுகடந்து நீர் நிரம்பியுள்ளவையாகச் செய்யும் சக்தி யாது? தற்போது இந்தக் கேள்விகளுக்குப் பதில் சொல்ல முடியாத நிலையில் இருக்கிருேம். ஆனுல், நாம் இனி மேல் காணப் போவது போல, இங்கு நமக்கு எதிர்ப்படுவது மின்சாரச் செயல் என்று கொள்ளலாம்.

இப்பொழுது நாம் மற்ருெரு உதாரணத்தை எடுத்துக் கொள்வோம். பதினெட்டாம் நூற்ருண்டின் முடிவில், வட அமெரிக்காவில் உள்ள சதுப்பு நிலங்களில் செடி ஒன்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அதன் இயக்கங்கள் இன்னும் வியப் பூட்டுபவையாக உள்ளன. நான் குறிப்பிடுவது ஈப்பொறி என்னும் செடி (படம் 80). இலையின் மேற்பகுதி பொறியின் வடிவத்தையும், வேலையையும் கொண்டுள்ளது. இலையின்மேற் பரப்பில் உள்ள முடிகளைத் தொட்டதும் அல்லது ஏதாவதொரு பூச்சி அஜாக்கிரதையாக அதனுள் வந்ததும் பொறியின் இரு பக்கங்களும், ஒன்ருக இணைந்து மூடிக்கொள்கின்றன. இதனுல், அதனுள் அகப்பட்ட பிராணி வெளியில் செல்ல

முடியாது. அடைபட்ட பூச்சி எவ்வளவுக்கெவ்வளவு கலவரமடைகிறதோ சிறையின் சுவர்களும் அவ்வளவுக்கவ்வளவு இறுகுகின்றன. இந்தச் செடிக்கும் பிராணிக்கும் நிகழும் போராட்டத்தில் பிராணிதான் முடிவில் இறக்கிறது.



படம் 80

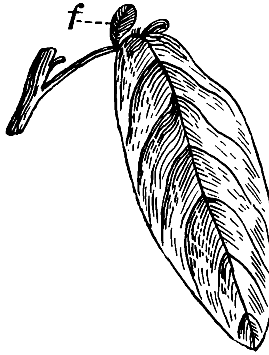
தொட்டாற்சுருங்கியும், ஈப்பொறிச் செடியும், எளிய புறத் தூண்டுதலுக்கு ஏற்றபடி, பிரதிச்செயலாக இயக்கங்களைத் தோற்றுவிப்பவை. ஆனால் எந்த விதமான புறத் தூண்டுதலின்றியே இயங்கும் செடி ஒன்றுள்ளது.[1] இது

[1] தாவரங்களுக்குத் தன்னிச்சைப்படி இயங்கும் தன்மை உண்டு என்ற கருத்து சமீப காலம் வரை நிலவி வந்தது. இக்கருத்து, தாவரத்துக்கு ஆன்மா உண்டு என்பவர்களுக்கு ஆறுதல் அளித்தது. இந்திய நாட்டு பௌதிகவாதி ஒருவர் இந்தக் கருத்தும் தவறு என்று காட்டி விட்டார்.

கிழக்கிந்தியத் தீவுகளில் காணப்படுகிறது. இதன் பெயர் டெஸ்மோடியம் அல்லது ஹெடிசாரம். பாப்பிலியோனேசீ (வண்ணத்தி வடிவின) வகையைச் சேர்ந்தது ஆகையால் இது அவரை, குளோவர் முதலிய நமது செடிகளுக்கு உறவுள்ளது. குளோவர் செடியின் கூட்டு இலையில் உள்ள மேல் புறச் சிற்றிலை மிக அதிகமாக நீண்டு, இரண்டு பக்கத்துச் சிற்றிலைகளும் குறைவாகவே வளர்ச்சி பெற்று, மூன்றுவதை விட மிகச் சிறியவையாயிருப்பதாக வைத்துக்கொள்ளுங்கள். அதுதான் டெஸ்மோடியத்தின் இலை. இது படம் 81ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. நல்ல வெளிச்சமும் கதகதப்பும் இருக்கும் பொழுது நமது வெப்பத் தோட்டங்களில் அடிக்கடி வளர்க் கப்படும் இச்செடிக்கு நேராக நின்றால், ஒரு நிமிடத்திற்குள் ளாக, அதன் இலைகளில் அங்குமிங்கும் சிறு நடுக்கம் தோன்று வதைக் காணலாம். இவ்விதமான எதிர்பாராத இயக்கத்தினால் நம் கருத்தை ஈர்க்கும் இலைகளில் ஒன்றை மட்டும் நாம் கூர்ந்து கவனிப்போம். அதில் தாவர உலகிலேயே நிகழும் மிக அபூர்வமான காட்சி ஒன்றை நாம் காணலாம். முதலில் இரண்டு சிற்றிலைகளும் கிடை மட்டமாக இருக்கின்றன. திடீரென்று இவற்றில் ஒரு இலை அதன் நிலை யை மாற்றுகிறது. இம்மாறுதல் திடீர் இயக்கத்தால், பாய்ச் சலால் போல, நிகழுகிறது. இப்பொழுது இந்த இலை கிடை மட்டத்திற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் உள்ளது. இன் னொரு முறை, மேலும் ஒரு முறை திடீர் இயக்கம் தோன்று கிறது. இலை செங்குத்து நிலையை அடைகிறது. இதே சமயத் தில் இதற்கு எதிராக உள்ள சிற்றிலை இவையே போன்ற பல திடீர் இயக்கங்கள், உள் அதிர்ச்சிகள் காரணமாகத் தாழ்கிறது. அப்புறம் சிற்றிலைகள் முறையை மாற்றிக் கொள் ளுகின்றன. உயர்ந்த இலை தாழுகிறது. தாழ்ந்த இலை உயரு

[அவர் பெயர் ஜகதீஷ் சந்திர போஸ். இவர் தாவரங்களில் உள்ள தூண்டுதல், ஏற்ற இயக்கங்கள் ஆகியவை பற்றி ஆராய்ச்சி செய்துள்ளார். அவரது ஆராய்ச்சிகள் பற்றிய விரிவான விவரத்தை திமிர்யாஸெவின் பின்வரும் தலைப்புள்ள கட்டுரையில் காணலாம்: ''இருபதாம் நூற்றாண்டின் துவக் கத்தில் தாவரவியல் அறிஞர்களுக்குக் கிடைத்த பிரதான வெற்றிகள்.'' நூல்கள், தொகுப்பு VIII.—(ப-ர்.)]

கிறது. இந்த இயக்கம் ஒழுங்காக நடைபெறுவது போன்று தோன்றுகிறது. இது அகத் துடிப்புகள் மூலம் ஏற்படுகிறது. செடிக்குப் போதுமான அளவு வெப்பமும், ஒளியும் இருக்கும் வரை இது தொடர்ந்து நிகழ்கிறது. உஷ்ணநிலை குறையும் பொழுது, இவ்விரு இயக்கங்களுக்குரிய இடை நேரம் அதிகமாக இருக்கும். முடிவில் இயக்கம் திடீர் திடீரென நிகழாது. அது மெதுவாகத் தொடர்ந்து நடைபெறும். இலைகளின் ஒப்பு நிலைமையைக் கவனித்தால்தான் நாம் இயக்கம் நடந்ததை உணர முடியும். முடிவாக உஷ்ண நிலை 20° டிகிரி சென்டிகிரேடாகக் குறையும் பொழுது இயக்கம் நின்று விடுகிறது. செடி சில்லிட்டு விடுகிறது. ஆனால் மறுபடி வெப்ப மூட்டப் பட்டதுமே அது தனது சிற்றிலைகளை அசைத்து ஆட்டத் தொடங்கிவிடும்.



படம் 81

இது போன்ற இயக்க நிகழ்ச்சிகளை எல்லாம் ஆராய்ந்ததில் தாவரத்துக்கு இவற்றால் உண்டாகும் பயன் யாது என்ற வினா எழுகிறது. உறுப்பிற்கு உறுப்பு அதன் பயன்பாடு வேறுபடுகிறதுபோலும். விதைத்தூள், இயங்கும் ஆண்பாலணுக்கள், பார்பெரியின் கேசரங்கள் முதலியவற்றின் இயக்கங்கள் தெளிவானவை. அவை தாவரங்களின் கருவுறுதலுக்கும் பரவுவதற்கும் இன்றியமையாதவை, அல்லது வெறுமே பயனுள்ளவை. பூக்களில் உள்ள தூக்க இயக்கம், அதாவது அவற்றின் புற மூடிகள் இரவில் கூம்புதல், அவற்றுக்கு மிக அபாயகரமான குளிர்ச்சியினின்றும் அவற்றைப் பாதுகாக்கின்றன போலும். இலையின் தூக்க இயக்கமும் இதே விளைவை ஏற்படுத்துகிறது எனலாம். தூக்க நிலைமையில் விளிம்புகளை மடித்துக்கொள்வதால் அல்லது மேல் நோக்கித் திருப்பிக்கொள்வதால் இலைகள் கதிர் வீசல் மூலம் வெப்பம் வெளிப்படக் கூடிய பரப்பை ஒப்பு நோக்கில் குறுக்கிவிடுகின்றன. இதனால் அவை மட்டுமீறிக் குளிர்ந்து விடாமல்

தப்புகின்றன, காலைக் கூதலால் அவ்வளவு பாதிக்கப்படுவதில்லை. உஷ்ணமானி 0 டிகிரி சென்டிகிரேடு (அதாவது உறைமட்டம்) வரை எட்டாவிட்டாலும், இந்தக் கூதலின் போது (உண்மையில் கதிர்வீசல் காரணமாக) தாவரங்கள் அடிக்கடி சில்லிட்டு விடும். ஈப்பொறிச் செடியின் இயக்கம் தெளிவானது. அதன் பெயரிலிருந்தே அந்த இயக்கம் தெளிவாக வெளிப்படுகிறது. ஏனெனில் நாம் மேலே பார்க்கப் போவது போல, இந்தச் செடியும் வேறு பல தாவரங்களும் தாங்கள் பிடித்த பூச்சிகளை உண்மையிலேயே உணவாகக் கொள்கின்றன. தொட்டாற்சுருங்கியின் தூண்டலுக்கு உள்ளாகும் இலைகளின் இயக்கத்தின் பிரயோசனம் அவ்வளவு எளிதாக விளங்கவில்லை. இதன் நோக்கத்தை விளக்க யாரும் முயற்சி கூடச் செய்யவில்லை. இதைப் பற்றிக் கிட்டத்தட்டச் சாத்தியமான பல அனுமானங்களைத்தான் தெரிவிக்க முடியும். பலத்த மழையும், ஆலங்கட்டி மழையும் ஏற்படுத்தும் விளைவுகளைக் கவனித்தவர்கள் அவை மரங்களின் இலைகளை முறித்து விடுவதை நிச்சயமாகக் கண்டிருப்பார்கள். மழையின் முதல் துளிகள் தொட்டாற்சுருங்கியின் அகலப் பரப்பிய சிற்றிலைகளைக் குவிந்து காம்புடன் ஒண்டிக் கொள்ளுமாறு செய்யாவிட்டால், மென்மையான உறுப்புக்கள் ஆகிய அதன் இலைகள் வெப்பவலய மழைப் புயல்களால் இன்னும் அதிகச் சேதம் அடைய நேரிடும். எனவே இந்த இலைகள் கதைகளில் வரும் நாணல் போன்று செயல் புரிகின்றன. ஓக் மரங்களையே முறித்து வீழ்த்தும் புயலை இவை சேதமின்றித் தாங்கிக் கொள்கின்றன. ஆனால் இது வெறும் யூகம்தான். இது உண்மைதானா என்று காண, இந்த விசித்திரமான செடிகள் வளரும் இடத்தில் சென்று உற்று நோக்க வேண்டும். டெஸ்மோடியத்தின் இலைகள் இயங்குவதை விளக்குவது இன்னும் கடினம். இந்த இயக்கங்கள், இச்செடிகளில் உள்ள இனிப்பான சாறுள்ள இலைகளினால் கவரப்பட்டு அவற்றை நோக்கி வரும் இன்னல் தரும் பூச்சிகளை விரட்ட நிகழுகின்றன என்று வேண்டுமானால் கூறலாம்.[1] இது உண்மையானால்

[1] தொட்டாற்சுருங்கிக்கும் இதே விளக்கம் பொருந்தும். இலைகளின் கணுக்களை உறைவிடமாகக் கொண்ட சில வகையான வெள்ளைப் பேன்களால் நமது வெப்பத்

செடிகள், தமது இயங்குந் தன்மையை இரண்டு நோக்கங்களுக்குப் பயன்படுத்துகின்றன என்று ஆகிறது: எதிரிகளை விரட்டுவது ஒரு நோக்கம், பூச்சிகளைப் பிடித்து உண்ணுவது மற்றொரு நோக்கம்.

இந்த யூகங்களை[1] இப்பொழுது விட்டு விட்டு, மற்றொரு பிரச்சினையைப் பற்றி ஆராய்வோம். மேலே நாம் விவரித்த செடிகளின் இயக்கங்களும், விலங்குகளின் இயக்கங்களும் சமமானவை எனக் கருத இடமுண்டா? அல்லது இவ்விரண்டு நிகழ்ச்சிகளுக்கிடையே ஏதேனும் முக்கியமான வேறுபாடு காண முடியுமா? புரோட்டோபிளாசத்தின் இயக்கங்களைப் பொறுத்த மட்டிலும், விலங்குலகிலும் தாவர உலகிலும் எவ்விதமான வேறுபாடும் இல்லை. இயங்கு விதைத்தூள்கள், இயங்கும் ஆண்பாலணுக்கள் ஆகியவற்றின் இயக்கங்களும் இவ்வாறனவையே எனலாம். தாவரம், விலங்கு ஆகியவற்றில் இவ்வுறுப்புக்களைப் பொறுத்த மட்டிலும் எந்த விதமான வேறுபாடும் இல்லை. ஆரம்பக் கால ஆராய்ச்சியாளர்கள் தங்கள் கண்களையே நம்ப மறுத்து, தாவரங்களின் இயங்கும் உறுப்புக்களை விலங்குகள் என்று தவறாகக் கருதினார்கள். இது மேற்கூறிய விவரத்தை நிரூபிக்கிறது.

விலங்குகளின் இயக்கத்துடன் உயர் நிலைத் தாவரங்களின் இயக்கத்தை ஒப்பிடும் பொழுது விஷயம் வேறாகக் காணப்படுகிறது. என்னவாயினும், இயக்கத்திற்கு என்று தனிப்பட்ட அமைப்புப் பெற்றுள்ள திசுக்களையோ, சுருங்கும் தன்மையுள்ள தசை நார்களையோ நாம் தாவரங்களில் காண்பதில்லை. இருப்பினும், கட்டமைப்பில் உள்ள இந்த

தோட்டங்களில் இச்செடிகள் அழிந்ததை நான் கவனித்தேன். இலை தூண்டலுக்குச் செயல் புரியும் தன்மையை இழந்த பின்புதான் இது நிகழ முடியும். கணுக்களின் திசுக்கள் சர்க்கரைப் பொருள்கள் நிரம்பியவை ஆதலால் இந்தப் பூச்சிகள் அவற்றால் சிறப்பாக ஈர்க்கப்படுவது இயல்பே.

[1] நாற்பது வருடங்களுக்கு முன்பு நான் யூகங்கள் என்ற முறையில் வெளியிட்ட இந்த விளக்கங்கள் யாவற்றையும் பிற்பாடு ஆராய்ச்சியாளர்கள் சரியென்று நிரூபித்து விட்டார்கள். இவற்றைப் பெரும்பாலும் எல்லாத் தாவரவியல் அறிஞர்களும் ஒப்புக்கொண்டுள்ளனர்.

வேறுபாட்டை நிகழ்ச்சிகளுக்குரிய அடிப்படை வேறுபாட்டிற்கு ஆதாரமாகக் கொள்ள முடியாது. உயர் நிலைத் தாவரங்கள், விலங்குகள் ஆகியவற்றின் இயக்கங்களை நிர்ணயிப்பவையும் உடன் தொடர்பவையுமான நிபந்தனைகளை ஒப்பிடும் பொழுது அவற்றுக்கிடையே வேற்றுமையைக் காட்டிலும் ஒற்றுமைதான் அதிகமாகத் தென்படுகிறது. விலங்குகளில் உள்ள இயக்கத்திற்கும் சுவாசத்திற்கும் நெருங்கிய தொடர்பு உண்டு என்று நமக்குத் தெரியும். சுருங்கும் தசை, ஓய்வு நிலையில் உள்ள தசையை விட, அதிகமான அளவு ஆக்ஸிஜனை உட்கொள்ளுகிறது, அதிகமான அளவு கார்பனிக அமிலத்தை வெளி விடுகிறது. இந்த ஆக்ஸிகரணச் செயல்முறை தான் தசை இயக்கத்தில் பயன்படும் சக்தியின் முக்கிய மூலமாக விளங்குகிறது. விலங்குகள் சுவாசிப்பது போன்ற நிகழ்ச்சிகள் தாவரங்களில் உள்ளனவா? உள்ளன என்பதைக் காட்டும் பல உதாரணங்களை நாம் ஏற்கனவே கண்டுள்ளோம். விதை முளைக்கும் பொழுதும், மொக்கு வளரும் பொழுதும், குறிப்பாகப் பூக்கும் பொழுதும், தாவரத்தின் உறுப்புக்கள் ஆக்ஸிஜனை ஆர்வத்துடன் உட்கொள்ளுகின்றன, கார்பனிக அமிலத்தை வெளி விடுகின்றன. இவ்வாறு நிகழும்பொழுது அவற்றின் உஷ்ண நிலை புலப்படத் தக்கவாறு உயருகிறது. இந்நிகழ்ச்சி தாவரத்தின் எல்லா பாகங்களிலும், அதன் வாழ்நாள் முழுவதிலும் நடைபெறுகிறது. ஆனால் ஒரே வித்தியாசம் என்னவென்றால், பச்சை நிறமான பகுதிகள் ஒளியின் செயல்பாட்டினால் அதிகத் தீவிரமாகக் கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைத்து ஆக்ஸிஜனை வெளி விடுகின்றன. இதனால் அப்பகுதிகளில் அதே சமயத்தில் நிகழும் சுவாசத்தை இந்தச் செயல் மறைக்கிறது.[1] ஆனால் சுவாசத்திற்கும் இயக்கத்திற்கும் ஏதேனும் தொடர்பு உண்டா? இந்தத் தொடர்பு எத்தகையது என்பது மட்டும் இன்னும் தெளிவாகவில்லை ஆயினும் இவற்றிற்கிடையே தொடர்பு உண்டு என்று பரிசோதனைகளிலிருந்து தெரிகிறது. தாவரத்துக்கு ஆக்ஸிஜன் கிடைக்காமல் செய்தால், இயக்கம் முழுவதுமே நின்றுவிடும். புரோட்டோபிளாசம் பெருகுவதை

[1] விரிவுரை V ஐக் காணவும்.

நிறுத்தி விடும். பார்பெரியின் கேசரங்கள், தொட்டாற்சுருங்கியின் இலைகள் ஆகியவற்றின் தூண்டலுக்குப் பதில் செயல் புரியும் திறன் மறைந்துவிடும். ஆக்ஸிஜன் உள்ள காற்றுப் படும்படியாக சற்று நேரம் வைத்திருந்தால்தான் இந்தச் செயல்கள் யாவும் திரும்பி நிகழும். எனவே தாவரங்களின் இயக்கங்களும் விலங்குகளின் இயக்கங்களும் சுவாசத்துடன் நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டவை.

நமது ஒப்பீட்டை மேற்கொண்டு, தொடர்வோம். தசை சுருங்கும் பொழுது சூடடைகிறது. அதன் உஷ்ணம் அற்பமான, ஆனுல் அளக்கக் கூடிய பரிமாணத்திற்குக் கூடுகிறது. இதையே தாவரங்களிலும் காணலாம். தொட்டாற் சுருங்கியின் இலைக் காம்பு அதைப்புடன் தெர்மோபைல் என்னும் துல்லியமான உஷ்ணமானியை இணைத்தால், இயங்கும் பொழுது உஷ்ணநிலை உயருகிறது என்பதைக் காட்ட முடியும். தசைகளில், ஓய்வு நிலையில் இருக்கும் பொழுதும் சரி, இறுக்க நிலையில் இருக்கும் போதும் சரி, மின்சார ஓட்டம் இருப்பதைக் காண்கிறோம். துல்லியமான மின்னோட்டமானியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின் சுற்றைத் தவளையின் தசை கொண்டு (தக்க முன்னேற்பாடுகளுடன்) பூர்த்தி செய்தால் மின்னோட்டமானியின் ஊசி அசைந்து வட்டத்தில் மின்னோட்டம் இருக்கிறது என்று காட்டும். தசைக்குப் பதிலாக ஈப்பொறிச் செடியின் இலையால் சுற்றைப் பூர்த்தி செய்தால் இதே போன்ற, ஆனுல் ஆற்றல் குறைந்த மின்னோட்டம் இருப்பதைக் காணலாம். ஒற்றுமை இத்துடன் நின்று விடவில்லை. தசையைச் சுருங்கச் செய்தால், மின்னோட்டத்தின் ஆற்றல் சற்றுக் குறைகிறது. இதனுல் மின்னோட்டமானியின் முள் பின்னோக்கிச் செல்லுகிறது. இது **மின்னோட்டத்தின் எதிர் மாற்றம்** ஆகும். இதே நிகழ்ச்சி ஈப்பொறிச் செடியின் விஷயத்திலும் நிகழுகிறது. இலையின் இரு பாதிகளும் மூடிக் கொள்ளும் பொழுது மின்னோட்டத்தின் எதிர் மாற்றம் வெளிப்படுகிறது. மேலும், தசையில் தூண்டல் நிகழும் நேரத்திற்கும் சுருக்கம் ஏற்படும் நேரத்திற்கும் நடுவில் மிகச் சிறிய, ஆனுல் அளவிடப்படக் கூடிய இடை நேரம் கழிகிறது. இது உள்ளுறை கிளர்ச்சி நேரம் என்று அழைக்கப்படுகிறது. இலையிலும் தூண்டுதல், இயக்கம், இவை நிகழும் நேரங்

களுக்கு நடுவே இதே போன்ற, ஆனுல் அதிகக் கணிசமான இடைநேரம் காணப்படுகிறது.

ஈப்பொறிச் செடி, விலங்கு ஆகியவற்றின் இயக்கங்களுக்குள் நிலவும் ஒற்றுமை இந்த இயக்கங்களின் புறத்தோற்றங்களில் மட்டுமின்றி அவற்றை ஒட்டி நிகழும் அகச் செயல்முறைகளிலும் உள்ளது. நாம் முன்பு கண்டபடி, தாவர உறுப்புக்களின் இயக்கங்கள், மிக வெளிப்படையான சந்தர்ப்பங்களில், தூண்டலுக்கு உள்ளாகும் திசுக்களின் உயிரணுக்களிலிருந்து அவற்றில் அளவு கடந்து நிறைந்துள்ள நீர் வெளிப்படுவதாகவே முடிகின்றன என்பதும், மாருக விலங்குகளின் இயக்கங்கள் தசைகளின் சுருக்கத்திஞல், அவற்றின் உண்மை வடிவில் மாற்றத்திஞல் நிகழ்கின்றன என்பதும் உண்மையே. ஆஞல் தசைகள் சுருங்குவது அடிப்படை நிகழ்ச்சி அல்ல. தசைகளாக அமைந்துள்ள அடிப்படையான திடத் துணுக்குகளும், திரவப் பொருள்களும் தங்கள் நிலைகளைப் பரஸ்பரம் மாற்றிக்கொள்வதே தசைச் சுருக்கம் என முடிவாகாதா?[1]

இது வரை தாவர உலகை, விலங்குலகிலிருந்து வேறுபடுத்தி வந்த பிரதானத் தடுப்புச் சுவர் தகர்ந்துவிட்டது. இயக்கம் விலங்குகளுக்கு மட்டுமே உரியதல்ல. அது தாவரங்களிலும் நிகழ்கிறது. ஆஞல் இந்த வேறுபாடு ஆதாரமற்றது என்ருல் அதற்குப் பதில் வேறு எதையேனும் நம்மால் கண்டுபிடிக்க முடியாதா? இவ்விரு உலகுகளில் ஏதேனும் ஒன்றுக்கு மட்டுமே சிறப்பாக உள்ளவை என்று கருதப்படும், அங்கஜீவியின் வாழ்க்கைப் பண்புகளை ஒன்றன்பின் ஒன்ருகப் பார்வையிடுவோம்.

ஊட்ட முறையிலிருந்து நாம் தொடங்குவோம். சாதாரணமாகப் பின்வருமாறு கூறப்படுகிறது: தாவரங்கள்

---

[1] இந்த என் யூகத்தை, தற்பொழுது உடலியல் அறிஞர்களும் கூறுகிருர்கள். உயிரணுக்களில் நீர் அளவு கடந்து நிரம்புதல், அது திடீரென வெளி வருதல், மின்ஞேட்டம் நிலவுவதும் அதன் மாற்றமும் ஆகியவை போன்ற தாவர உறுப்புக்களில் இயக்கச் செயல்முறையின் இந்த அம்சங்கள் யாவும் மின் வியாபகம் பற்றிய நிகழ்ச்சியில் உரிய விளக்கம் பெற முடியும். இவற்றைப் பற்றி இங்கு விரிவாக உரைப்பது பொருத்தமல்ல.

எளிய அனங்ககப் பொருள்களை உணவாகக் கொள்ளுகின்றன. அவையாவன: கார்பனிக அமிலம், தண்ணீர், உப்புக்கள். விலங்குகள் சிக்கல் நிறைந்த அங்ககப் பொருள்களை உணவாக உட்கொள்ளுகின்றன. பொதுவாக இது உண்மை. ஆனல் இதற்குப் பல விதி விலக்குகள் உள்ளன. உதாரணமாக பெரிய வகுப்பான காளான்கள் சிக்கல் நிறைந்த அங்ககப் பொருள்களையே உணவாகக் கொள்ளுகின்றன. எனவே இவை மட்கு—சிதையும் அங்ககப் பொருள்கள்—நிரம்பியுள்ள மண்ணிலோ அல்லது மற்ற உயிருள்ள அங்கஜீவியின் மீது ஒட்டுண்ணிகளாகவோ மட்டுமே வாழ முடியும். ஆனல் தயாராக உள்ள அங்ககப் பொருள்களை உணவாகக் கொள்ளுபவை காளான்கள் மட்டுமல்ல. தாவர உலகின் உயர் நிலைப் பிரதிநிதிகளிலும் ஒட்டுண்ணிகள் உள்ளன. இவற்றில் சிலவற்றிற்குப் பச்சை நிறமில்லை. உதாரணமாக முடித்தாளி (Cuscuta), இது ஹாப் கொடி போன்ற நமது வயல் தாவரங்களை ஒட்டிக்கொண்டு ஊட்டுத் தாவரத்தின் செலவிலேயே வாழ்கிறது. ஓக் மரங்கள், பழ மரங்கள் போன்றவற்றின்மீது வளரும் புல்லுருவி போன்ற செடிகள் தாமாகவே உணவுக்கு வகை செய்துகொள்ள வல்லவை. இருப்பினும், அவை தாம் வாழும் ஊட்டுத் தாவரங்கள் தயாரித்து வைத்த உணவையும் ஒருகால் பெருமளவு உட்கொள்ளுகின்றன போலும்.

தவிர, பச்சை உறுப்புக்கள் பெற்றிருந்த போதிலும் விலங்குணவை உட்கொள்ளும் பற்பல தாவரங்களை நவீன ஆராய்ச்சிகள், முக்கியமாக டார்வினின் ஆராய்ச்சிகள், நமக்கு அறிமுகப்படுத்தியிருக்கின்றன. இவை விலங்குகள் போலவே இவ்வுணவை ஜீரணிக்கின்றன. **பூச்சி உண்ணும்** தாவரங்கள் என்று இவை அழைக்கப்படுகின்றன. இங்கு சில உதாரணங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. மேலே கூறப்பட்ட ஈப் பொறிச் செடி இவற்றில் மிக வியப்பூட்டும் உதாரணம். ஈப் பொறிச் செடியின் இலை ஒரு பூச்சியைப் பிடித்து விட்டால் அது அப்பூச்சியின் உடலிலிருந்து எதையெல்லாம் உறிஞ்ச முடியுமோ அதையெல்லாம் உறிஞ்சும் வரை திறக்காது. முடிவில் கரைக்க முடியாத சட்டகம் மட்டுமே மிஞ்சும். இதே போன்ற பரிசோதனையைப் பூச்சிக்குப் பதிலாகப்

பச்சை இறைச்சி, பொரித்த இறைச்சி, நன்கு வெந்த முட்டை வெள்ளை ஆகியவற்றைக் கொண்டு செய்யலாம். இலை உடனே மூடிக்கொள்ளும். உணவு முழுவதும் சுவடு தெரியாமல் மறைந்த பின்புதான் அது திறக்கும். நாம் ஏற்கனவே கூறியது போல, இந்தச் செடி வட அமெரிக்காவின் சதுப்பு நிலங்களில் காணப்படுகிறது. ஆனால் நமது நாட்டுச் சதுப்பு நிலங்களில் மற்றொரு வகைச் செடி காணப்படுகிறது. இது ஈப்பொறிச் செடியுடன் தொடர்புடையதாக இருந்தாலும், தன் நோக்கத்தை, அதாவது பூச்சிகளை உணவாகக் கொள் வதை, வேறு விதமாக நிறைவேற்றிக் கொள்ளுகிறது. இதன் பெயர் **பனித்துளி** *(Drosera)*. இதன் சிறு இலைகளில் ஒரு வகை மயிர்கள் அடர்ந்துள்ளன. இவற்றின் முனையில் பிசு பிசுப்பான திரவத் துளிகள் சுரக்கின்றன. இத்திரவம் பனித் துளிகள் என்று கருதப்பட்டு வந்தது. இதனால் தான் செடிக்கு இப்பெயர் வந்துள்ளது. பூச்சி அஜாக்கிரதையாக இலையின் மீதுஅமர்ந்ததும்அதனுடன் ஒட்டிக்கொள்கிறது.அப்பொழுது இலையில் விரைவாக மிக மிக விசித்திரமான இயக்கம் தோன்றுகிறது. மயிர்கள் எல்லாப் பக்கங்களிலுமிருந்து பூச்சி இருக்கும் பக்கத்தை நோக்கியே திரும்புகின்றன. மயிர்களின் முனைகளிலுள்ள சுரப்பிகள் தங்கள் சாற்றை தாராளமாகச் சுரக்கின்றன. உணவுப் பொருளின் திடப் பகுதிகளை அது கரைத்து, முடிகளின் உயிரணுக்களால் எளிதில் உட்கொள் ளப்படும் நிலைக்கு அவற்றை மாற்றுகிறது. உணவு முழுவது மாக உட்கொள்ளப்பட்ட பின்பு, முடிகள் மறுபடி விரிந்து, மற்றொரு பூச்சியை இதே போலப் பிடிப்பதற்குத் தயாராக இருக்கின்றன. பூமியின் தென்பகுதிகளில் காணப்படும் *Nepenthes, Saracenia,Cephalotus* போன்ற சாடிச் செடிகளின் அகன்ற பெரிய இலைகளும் விசித்திரமானவையே. இதே போன்று பிளாடர்வொர்ட் *(Utricularia)* செடியின் சிற்றிலை களும் வியத்தற்குரியவைதாம். இந்தச் செடி, நமது ஏரிகளிலும், கால்வாய்களிலும் காணப்படுகிறது. முதலில் கூறப்பட்ட மூன்று செடிகளின் இலையில் ஒரு பகுதி சாடி போன்று மாறுகிறது. செபலோட்டஸ் செடியில் இந்தச் சாடிக்கு மூடி உள்ளது. பிளாடர்வொர்டில் நீரில் மூழ்கியுள்ள சிறுசிறு பகுதிகளாகப் பிரிந்த இலைகளில் இது போன்ற சிறு

உறுப்புக்கள் இருக்கின்றன. இந்தச் சாடிகளில் திரவம் இருக்கிறது என்பது வெகுகாலத்துக்கு முன்பே கண்டுபிடிக்கப் பட்டிருந்தது. ஆனால் இதற்கு முன்பெல்லாம், இத்திரவம் நீர் என்றே கருதப்பட்டு வந்தது. சமீபத்தில் திடமான அங்கக உணவுப் பொருள்களைக் கரைக்கும் சக்தி இதற்கு உண்டு என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தச் சாடிகளை விரிவாக ஆராய்ந்த பொழுது இவற்றில் பூச்சிகளைப் பிடிக்கச் சிக்கல் நிறைந்த அமைப்புள்ளது என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அவற்றில் இனிப்பான சாற்றைச் சுரப்பவையும் எனவே பூச்சிகளைக் கவர உதவுபவையுமான பகுதிகள் உள்ளன. தவிர அவற்றின் பரப்பு மிக மிருதுவானது. இதனால் பூச்சி தன்னிச்சையின்றியே வழுக்கிக்கொண்டு தனது பொறிக்குள் செல்ல நேரிடும். அவற்றில் உட்புறமாகத் திரும்பியுள்ள முனைகளை உடைய முரடான மயிர்கள் உள்ளன. இவை பூச்சி தனது பொறியிலிருந்து வெளியே வருவதைத் தடுக்கின்றன. ஆனால் இச்செடி சுரக்கும் திரவம் யாது? திட உணவுப் பொருள்கள் எந்த முறையில் கரைக்கப் படுகின்றன? விலங்குகளில் உணவு **ஜீரணிக்கப்படுதல்** என்று நாம் கூறுவதற்கும் இதற்கும் ஏதேனும் ஒற்றுமை உண்டா? நாம் ஏற்கனவே கண்டுள்ளபடி[1], விலங்குகள், தாவரங்கள் ஆகியவற்றில் நிகழும் இச்செயல்முறைகளுக்கு வியத் தகு ஒற்றுமைகள் உள்ளன என்பதைக் கவனமான ஆராய்ச்சிகள் நிரூபித்துள்ளன.

விலங்குகளின் இரைப்பை நீரில் உள்ள நொதிவிப்பியான **பெப்சின்** அல்புமினுயிடுகளைக் கரைக்கிறது. இதே போன்று எல்லாவிதமான பூச்சி உண்ணும் செடிகள் சுரக்கும் திரவங்களிலும், இத்தன்மை வாய்ந்த நொதிவிப்பிகள் இருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. **பெப்சின்** சிறிதளவு சுதந்திர அமிலம் இருக்கும் பொழுது தான் வேலை செய்யும். அதே போல, செடி தூண்டப்படும் பொழுது, சுரப்பின் அமிலக் கிரியையை எளிதில் நிரூபித்துக் காட்ட முடியும்.[2]

---

[1] விரிவுரை IIIஐக் காணவும்.

[2] இது போன்ற அங்ககப் பொருள்களை உட்கொள்வதால் தாவரத்துக்கு ஏற்படும் நன்மை பற்றிச் சந்தேகங்கள் தோன்றியுள்ளன. நான் டார்வினைக் காணச் சென்றிருந்த

எனவே ஊட்ட முறையை அடிப்படையாகக் கொண்டு தாவரங்களையும் விலங்குகளையும் வேறுபடுத்த முடியாது.

காளான்கள், ஒட்டுண்ணிகள் ஆகியவையும், சிறப்பாக பூச்சி உண்ணும் தாவரங்களும் ஊட்ட முறையில் விலங்குகளை முற்றிலும் ஒத்திருக்கின்றன. இந்தத் தாவரங்களைப் பற்றி இது வரை நாம் கூறியவற்றை எல்லாம் கருத்தில் கொண்டு நாம் ஒரு கற்பனை அங்கஜீவியைப் பற்றி, அது பற்றுக் கொம்புகளின் உதவியால் பூச்சிகளைப் பிடித்துச் சுரப்பிகள் அடர்ந்த உடற்குழிக்குள் செலுத்துகிறது என்றும் இந்தச் சுரப்பிகள் அல்புமினொய்டுகளைக் கரைக்கும் ஒரு வகைத் திரவத்தைச் சுரக்கின்றன என்றும் பின்பு அவற்றை உணவாக உட்கொள்கின்றன என்றும் கூறினால், ஏதோ ஒரு வகை விலங்கையே நாம் குறிப்பிடுவதாக எல்லோரும் எண்ணி விடுவார்கள். இருப்பினும் இவை யாவும் சில தனிப் பட்ட மாதிரித் தாவரங்களின் பண்புகள். இவ்விதமாகத் தாவரங்களின் ஊட்ட முறை விலங்குகளின் ஊட்ட முறையைப் பெரிதும் ஒத்திருக்கிறது என்றாலும் விலங்குகளின் ஊட்ட முறையில் அனங்ககப் பொருள்களிலிருந்து ஊட்டம் பெறும் தாவரங்களுக்கே உரித்தான முறைக்குச் சமமான ஒன்று ஒருகால் காணப்படுவதே இல்லை போலும். ஆனால் இந்தக் கருத்தையும் நிலைநாட்ட முடியாது. கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைக்கும் பண்பு, நாம் ஏற்கனவே பார்த்தது போல, தனிப்பட்ட உறுப்பான **பசுங்கணிகத்தைச்** சாரும். ஆனால் பச்சையம் அடங்கியுள்ள சில விலங்குகளை நாம் குறிப்பிடக் கூடும்.[1]

பொழுது, அந்தப் பிரபல விஞ்ஞானியின் வெளிவராத சில பரிசோதனைகளைக் காண நேர்ந்தது. மேலே விவரித்த செயல் முறையின் ஊட்ட முறை முக்கியத்துவத்தை அவை காட்டின. மணி ஜாடியில் அவர் பல பனித்துளிச் செடிகளை வளர்த்தார். அவை பூச்சிகளிலிருந்து பாதுகாக்கப்பட்டிருந்தன. அவற்றில் பாதிக்கு இறைச்சி தரப்பட்டது, மற்றொரு பாதிக்குத் தரப்படவில்லை. நான் அவற்றைப் பார்க்கும் பொழுது (ஜூலை) இறைச்சி தரப்பட்ட செடிகள் மற்றவற்றை விடப் பெரியவையாகவும், தோற்றத்தில் ஆரோக்கியமுள்ளவையாகவும் இருந்தன (முதல் பதிப்பிற்குரிய குறிப்பு).

[1] இந்தப் பச்சையம் குறித்த விலங்குகளின் உடல்களில் குடிபுகுந்துவிட்ட பாசிகளைச் சேர்ந்ததாக இருக்கலாம்.

சுவாசத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ள மற்றொரு வேறுபாட்டை நாம் இப்பொழுது காணலாம். தாவரங்களில் நடைபெறும் வாயு மாற்றம் காரணமாகக் கார்பனிக அமிலம் சிதைக்கப்பட்டு, கார்பன் சேமிக்கப்படுகிறது. ஆரம்பத்தில் இது தவறுதலாகச் சுவாசத்துடன் ஒப்பிடப்பட்டது. அப்பொழுது பின்வரும் எதிர் நிலை சுட்டிக்காட்டப்பட்டது: விலங்குகளில் சுவாசம் நடைபெறும் பொழுது ஆக்ஸிஜன் உட்கொள்ளப்பட்டு, கார்பனிக அமிலம் வெளிவிடப்படுகிறது; தாவரங்களில் சுவாசம் நடைபெறும் பொழுதோ கார்பனிக அமிலம் உட்கொள்ளப்பட்டு ஆக்ஸிஜன் வெளிவிடப்படுகிறது. ஆனால் கார்பனிக அமிலம் சிதைக்கப்படுவதைச் சுவாசத்துடன் ஒப்பிடக் கூடாது என்பது இப்போது நமக்குத் தெரியும். இது ஊட்ட முறை, இது காற்றின் மூலம் நடைபெறும் தனிப்பட்ட ஊட்ட முறை என நாம் அறிவோம். ஆனால் அதே சமயத்தில் மற்றொரு செயல் முறை—உண்மையான சுவாசம்—நிகழுகிறது என்பதையும் நாம் அறிவோம். இச்செயல்முறையை, பச்சை நிறம் இல்லாத உறுப்புக்களிலோ அல்லது பச்சை உறுப்புக்களில் வெளிச்சம் இல்லாத சமயங்களிலோ எதிர்ச் செயல் முறையான சிதைவு நடைபெறாத நேரத்தில் மட்டுமே காணலாம். விலங்கு அல்லது பறவையின் சுவாசத்துடன் இதை ஒப்பிட்டால், இது மிக மந்தமாக நடைபெறுவது போன்று தோன்றும். விலங்கினங்களும் பறவைகளும் பெருமளவு கார்பனிக அமிலத்தை வெளி விடுகின்றன. இதன் மூலம், சுற்றுப்புற ஊடகத்தில் உள்ள உஷ்ணத்தை விட அவற்றின் உடல் உஷ்ணம் கூடுவது தெளிவாகத் தெரிகிறது. ஆனால் பெரும்பாலான தாவரங்கள் சுற்றுப்புற ஊடகத்தின் உஷ்ணநிலையைச் செயலின்றி பெற்றுக்கொள்கின்றன. ஆனால் தாவரத்தின் சுவாசத்தை, குளிர் இரத்தப் பிராணிகள் எனப்படுபவற்றின், உதாரணமாகத் தவளைகளின் சுவாசத்துடனோ அல்லது மரத்துப் போன நிலையில் (உதாரணமாகக் குளிர்கால உறக்க நிலையில்) இருக்கும் பாலூட்டிகளின் சுவாசத்துடனோகூட ஒப்பிட்டால், இந்த இரண்டு உதாரணங்களிலும் சுவாசம் வாயு மாற்றத்தின் அளவிலோ சுற்றுப்புற உஷ்ண நிலைக்கும் அங்கஜீவியின் உஷ்ண நிலைக்கும் உள்ள வித்தியாசத்திலோ தாவரங்களின்

சுவாசத்திலிருந்து அவ்வளவு தீவிரமாக வேறுபடுவதில்லை என்பதைக் காண்போம்.

இப்பொழுது ஒரு வினு எழுகிறது: சுவாசம் தாவரங்களுக்கு முற்றிலும் அத்தியாவசியமான செயல்முறைகளில் ஒன்ரு? ஆக்ஸிஜன் இல்லாத போது எல்லாவிதமான இயக்கமும் நின்றுவிடுகிறது என்பதை நாம் கண்டோம். ஆக்ஸிஜன் இல்லாவிட்டால், உயிரணுக்களின் வளர்ச்சியும் நடைபெருது என்று நீண்ட காலமாகக் கருதப்பட்டுவந்தது. ஆனுல் இப்பொழுது, இதற்குப் பதிலாக மற்ருெரு இரசாயனச் செயல்முறை, விளைவில் சுவாசத்தை ஒத்த செயல்முறை இடம் பெற முடியும் என்று தெரிகிறது. இது நொதித்தல் எனப்படுகிறது. இதில் சர்க்கரை (குளுக்கோஸ்) ஆல்கஹாலாகவும் கார்பனிக அமிலமாகவும் சிதைக்கப்படுகிறது. கார்பனிக அமிலமும், ஆல்கஹாலும் வெளி வருகின்றன. இச்செயல்முறை ஆல்கஹால் உற்பத்தி செய்வதன் அடிப்படையாகும். அதாவது ஒயின் உற்பத்தி செய்தல், ஸ்பிரிட்களை வாலை வடித்தல், பீர் இறக்குதல் போன்றவற்றின் அடிப்படையாகும். இந்த உதாணரங்கள் எல்லாவற்றிலும், நொதிவிக்கும் திரவத்தில், கண்ணுக்குத் தெரியாத ஒரு வகை அங்கஜீவிகள், நொதிவிக்கும் காளான்கள் உள்ளன. இவற்றிற்கு ஈஸ்டுகள் என்று பெயர். இவற்ருல்தான் நொதித்தல் நடைபெறுகிறது. ஈஸ்டு உயிரணுக்கள் ஆக்ஸிஜன் இல்லாமலேயே வளர்கின்றன, பல்குகின்றன. நொதித்தல் செயல்முறை நிகழும் பொழுது ஆக்ஸிஜன் உட்கொள்ளப்படுவதில்லை. இதில் இச்செயல்முறை சுவாசத்திலிருந்து வேறுபடுகிறது. ஆனுல் கார்பனிக அமிலம், வெப்பம் ஆகியவை வெளிவிடப்படுவதில் இச்செயல்முறை சுவாசத்துக்கு ஒப்பாகவே உள்ளது.[1] இந்த

---

[1] சுவாசம் நடைபெறும் பொழுது, காற்றில் உள்ள ஆக்ஸிஜனிலிருந்து கார்பனிக அமிலம் உருவாகிறது. நொதித்தலின் போது சர்க்கரையிலேயே அடங்கியுள்ள ஆக்ஸிஜனிலிருந்து அது உருவாகிறது. கந்தகக்குச்சி அல்லது வெடிமருந்து எரிவது போன்ற ஒரு செயல் இங்கு நிகழுகிறது. இவ்விரு பொருள்களும் காற்று இல்லாமலேயே அவற்றில் அடங்கிய வெடியுப்பில் உள்ள ஆக்ஸிஜனைச் செலவிட்டு எரிய முடியும் என்பதை நாம் அறிவோம்.

வெப்பம்தான், தாவரத்தின் வளர்ச்சிக்குத் தேவையான சக்தியைக் கொடுக்கிறது எனலாம். நொதித்தல் சுவாசத்தின் பதிலி போன்று காணப்படுகிறது. ஆனால் இச்செயல்முறை தாவரத்துக்குச் சுவாசத்தைப் போல் அவ்வளவு பயனுள்ளதாக இல்லை. ஏனென்றால் செலவிடப்படும் அதே அளவு சர்க்கரைக்கு மாற்றாக வெப்பத்தின் வடிவில் மிகக் குறைந்த அளவு சக்தியே வெளிப்படுத்தப்படுகிறது. இதற்கு முன் பெல்லாம், நொதித்தல் செயல்முறை ஈஸ்ட்டிற்கு மட்டுமே உரித்தானது என்று கருதப்பட்டு வந்தது. ஆனால் தற்பொழுது, ஆக்ஸிஜன் இல்லாத காற்றில் எந்தத் தாவரத்தை, எந்தத் தாவர உறுப்பை வைத்தாலும், அது ஆக்ஸிஜனை உட்கொள்ளாமலே கார்பனிக அமிலத்தை வெளியிடத் தொடங்கி ஆல்கஹாலை உருவாக்குகிறது. அதாவது தனது சர்க்கரைச் சேமிப்புக்களைச் சிதைக்கவும் நொதிக்கவும் ஆரம்பிக்கிறது. ஈஸ்ட் காளான் தான் வளரும் திரவத்திலுள்ள சர்க்கரைப் பொருள்களை நொதிக்கச் செய்கிறது. ஆனால் நொதித்தலின் போது தங்களது சொந்தப் பொருள்களைப் பயனற்ற முறையில் அழிக்கும் உயர்நிலைத் தாவரங்கள் போல அது இச்செயல்முறையினால் நஷ்டமடைவது இல்லை என்பது வெளிப்படை. இந்தச் சூழ்நிலையும், நொதித்தல் நடைபெறும் பொழுது ஆல்கஹால் உயிரணுக்களில் சேருவதும் (ஈஸ்டுகள் சுற்றியுள்ள திரவத்தில் இதை வெளிவிடுகின்றன) உயர்நிலைத் தாவரங்கள் நொதித்தல் மூலமாக வாழ்க்கை நடத்த முடியாதது ஏன் என்பதற்கு ஒரு வேளை காரணங்களாகலாம். ஆக்ஸிஜன் இல்லாமல் இருந்தால் அவற்றின் எல்லா இயக்கங்களும் வளர்ச்சியும் நின்று விடுகின்றன. இம்மாதிரிச் சூழ்நிலையில் நீண்ட நேரம் வைக்கப்பட்டால் அவை இறந்து விடுகின்றன.

எனவே நொதித்தல் மூலம் தாழ் நிலை அங்கஜீவிகள் மட்டும் தான் வாழ்ந்திருக்க முடியும், அதுவும் குறுகிய காலத்திற்கு மட்டுமே, ஏனென்றால் இவ்விதத் தாவரங்களுக்கும் அவ்வப்போது சுவாசம் தேவைப்படுகிறது. உயர் நிலை அங்கஜீவிகளோ நொதித்தலை மிகக் குறுகிய காலத்திற்குக் கூடத் தாங்கிக்கொள்ள முடியாது. நல்ல வேளையாக இயற்கையில் உள்ள இயல்பான சூழ்நிலைகள் அங்கஜீவிகள் இந்த

அபாயத்திற்கு உள்ளாக விடுவதில்லை. செயற்கையாக அடைபட்ட சூழ்நிலையில் இருக்கும் பொழுதுதான் உதாரணமாக ஆக்ஸிஜன் அகற்றப்பட்ட மணி ஜாடியால் மூடப்பட்டிருக்கும் பொழுது தான், அதாவது அவற்றிற்கு மூச்சுத் திணறும் பொழுது தான் அவை நொதிக்கத் தொடங்குகின்றன. அங்கஜீவி ஒன்றை நோக்கி ''நீ இறந்து போ'' என்று நாம் கூற முடியாது. அங்கஜீவி வாழ்கிறது அல்லது இறக்கிறது என்பது உண்மையே. ஆனால் வாழும் பொழுது அது உயிரை விடாப் பிடியாகப் பிடித்துக்கொள்ளுகிறது. சுற்றுப்புற ஊடகத்தில் வாழ்க்கைக்குத் தகுந்த நிலைமைகள் இல்லாவிட்டால், அது தன் ஆற்றலையே தனக்காகப் பயன்படுத்திக்கொள்கிறது. இந்த அகச்செயல்முறையின் பொழுது அது சிதைந்து சோர்ந்து முடிவில் இறந்து விடுகிறது. ஆனால் மூச்சுத் திணறும் சூழ்நிலையிலிருந்து அங்கஜீவியை எடுத்துவிட்டால், மணி ஜாடியை அகற்றி விடுவதன்மூலம் அதற்குத் தாராளமாகச் சுவாசிக்கச் சந்தர்ப்பம் அளித்தால், நொதித்தல் உடனே நின்று விடுகிறது. நோய்ச்செயல்முறையான நொதித்தலுக்குப் பதிலாக உடலியல் செயல்முறையான சுவாசம் தொடங்குகிறது. அழிவு வேலைக்குப் பதிலாக ஆக்க வேலை தொடங்குகிறது. சகஜமான, ஆரோக்கியமான வாழ்க்கை தனது உரிமைகளை நிலைநாட்டுகிறது. இதை ஒட்டி இயக்கமும் வளர்ச்சியும் சக பிராணிகள் போலத் தொடருகின்றன. ஆகையினால் விலங்காக இருந்தாலும் சரி, தாவரமாக. இருந்தாலும் சரி, சுவாசம் அங்கஜீவிகளின் வாழ்க்கைக்கு இன்றிமையாதது.

இயக்கம் இருக்கிறதா, இல்லையா என்ற அடிப்படையில் தாவரங்களுக்கும் விலங்குகளுக்கும் இடையே எவ்வித வேறுபாட்டையும் சான்று காட்டி ஸ்தாபிக்க முடியாது என்று பல தடவை முன்பு கூறப்பட்டுள்ளது. ஆனால் மற்றொரு கேள்விக்கு நாம் விடை காண வேண்டும். தாவரத்துக்குத் **தன்னிச்சையான** இயக்கம் நிகழ்த்தும் திறன் உண்டா? இந்தக் கேள்விக்கு விடை காண்பதற்கு முன்னால், **தன்னிச்சையான** இயக்கம் என்பதற்கு, அல்லது பொதுவாகச் சொன்னால், தன்னிச்சையான நிகழ்ச்சி என்பதற்கு நாம் என்ன பொருள் கொள்கிறோம் என்பதை வரையறுத்துக்கொள்ள வேண்டும்.

எந்த விதமான காரணமுமின்றியே நிகழும் செயலை இச் சொல் குறிக்குமாகுல், இது விலங்குலகிற்குக் கூடப் பொருந் தாது என்று தான் விஞ்ஞானிகள் கூறுவர். இச்சொல் மறைந் திருக்கும் அகக் காரணம் மூலம் ஏற்படும் நிகழ்ச்சியைக் குறிக் கிறது என்ருல் புரோட்டோபிளாசம், இயங்கும் ஆண்பால ணுக்கள், டெஸ்மோடியத்தின் இலைகள் ஆகியவற்றின் இயக் கங்களையும் தன்னிச்சையானவை என நாம் கூறலாம். ஏனென் ருல், இந்த இயக்கங்கள் யாவும் எந்த விதமானவெளிப்படைத் தூண்டுதலும் இன்றியே, அங்கஜீவிகளுக்கே உரித்தான உட் சக்திகளின் காரணமாகவே நடைபெறுகின்றன[1]. இயக்கம் செய்யும் திறன் இருந்தால், தாவரங்கள் ஏன் உணர முடி யாது? தூண்டுதலுக்குப் பிரதிச்செயல் புரிவது அதாவது தூண்டப்படுதல், கிளர்ச்சி அடைதல் தான் உணர்வதற்கு அடையாளம் என்று நாம் கொண்டால், தாவரங்களில் இப்பண்பு உள்ளது என்று நாம் ஒப்புக்கொள்ள வேண்டும். உண்மையில், மனிதனைக் கிள்ளும் பொழுதோ, கிச்சுக்கிச்சு மூட்டும் பொழுதோ, அல்லது குண்டூசி கொண்டு குத்தும் பொழுதோ, அவன் எவ்விதப் பிரதிச்செயலும் புரியாமல் இருந்தால், அவன் உணர்வற்றுப் போய்விட்டான் (மூர்ச்சித்து விட்டான்) எனக் கூறுகிறோம். அவன் ஏதாவதொரு இயக் கத்தின் மூலம் பிரதிச்செயல் புரிய ஆரம்பித்ததும், அவனுக்கு உணர்வு வந்து விட்டது (மூர்ச்சை தெளிந்து விட்டது)[2] என்று நாம் கூறுகிறோம். இந்த அடையாளத்தைக் குறிகாட்டி யாகக் கொண்டால், தொட்டாற்சுருங்கி, ஈப்பொறி போன்ற வற்றிற்கு உணர் திறன் உண்டு என்று நாம் ஒப்புக்கொள்ள வேண்டும். ஏனென்ருல், குண்டூசியினுல் குத்துதல், தொடு கை, சுடுதல், மின் அதிர்ச்சி, இரசாயனச் செயல் போன்ற பலதரப்பட்ட தூண்டுதல்களுக்கு அவை பிரதிச்செயல்

---

[1] டெஸ்மோடியத்தின் இயக்கம் பற்றிய அடிக் குறிப் பைக் காணவும், பக்கம் 372.

[2] ஆனுல் இந்த எதிர் முடிவு தவறு என்று நமக்குத் தெரி யும். சில வகையான விஷங்களின் மூலம் விலங்கின் உணரும் திறனை அகற்ருமல், குறிப்பிட்ட தூண்டலுக்கு அசைவின் வாயிலாகப் பிரதிச்செயல் புரியும் திறனை நாம் அகற்ற முடியும்.

புரிகின்றன. சில அபூர்வமான உதாரணங்களில் தாவரங்கள் எல்லாத் தூண்டுதல்களுக்கும் ஒரே மாதிரியாகப் பிரதிச் செயல் புரிவதில்லே. அவை தூண்டுதல்களை வேறுபடுத்திக் காண்கின்றன போலிருக்கிறது. உதாரணமாக நைட்ரஜன் உள்ள அங்ககப் பொருள்கள் பட்டால் பனித்துளிச் செடி யின் இலே மயிர்கள் அதிக விரைவாக அசைந்து ஜீரண நீரை அதிகத் துடியாகச் சுரக்கின்றன. ஆனல் அதே சமயத்தில் உணவாகப் பயன்பட முடியாத அனங்ககப் பொருள்கள் படும்போது அவ்வளவு துடியாகச் செயல்படுவதில்லே. இது செடியாயின்றி விலங்காக இருந்தால், அதற்கு நாவில் நீர் ஊறுகிறது, அது ருசியுள்ள உணவின் மேல் ஆவலோடு பாய்கிறது என்போம்.

தாவரத்துக்கு உணரும் தன்மை உள்ளது என்று ஒப்புக்கொண்டால், அத்தன்மையை நாம் நீக்க முடியாதா? அதை எல்லா விதமான தூண்டுதலுக்கும் உணர்வற்றது ஆக்க முடியாதா? முடியும் என்று பரிசோதனைகள் நிரூபிக் கின்றன. மேலும் மனிதனை உணர்வறச் செய்வதற்கு என்ன முறைகளைக் கையாளுகிருேமோ அதே முறையில் இதை நாம் செய்யலாம். இரண சிகிச்சைக்கு முன்பு, மனிதனுக்கு உணர்ச்சி நீக்கம் செய்வது போன்று, தாவரத்திற்கும் உணர்ச்சி நீக்கம் செய்யலாம். தாவரத்தை ஈதர் அல்லது குளோ ரோபாரம் ஆவியை உள்ளிழுக்குமாறு செய்ய வேண்டும். இதற்குத் தொட்டாற்சுருங்கிச் செடியை மணி ஜாடியால் மூடி அதற்குள் குளோரோபாரம் அல்லது ஈதரில் ஊறிய கடற்பஞ்சை வைத்தால் போதும். மணி ஜாடிக்குள் சற்று நேரம் இருந்த பின்பு அந்தச் செடி இயங்கும் திறனை இழந்து விடும். எவ்வளவு தீவிரமாகத் தூண்டிஞலும் அதன் இலேகள் சுருங்கா. ஆனல் மயக்கம் தரும் ஆவிகள் இல்லாத சுத்தக் காற்றுப் படும்படியாக அதை வைத்தால் அது மறுபடியும் உணர் திறனை, தூண்டலுக்கு உட்படும் தன்மையைப் பெறு கிறது. இந்தப் பரிசோதனை வெற்றிகரமாக முடிய வேண்டு மானல் செடியின் மீது மயக்க மருந்தின் பாதிப்பு நீண்ட நேரம் இருக்கும்படி வைக்கக் கூடாது. இவ்வாறு வைத்தால் அது மறுபடியும் உயிர்த்தெழாது, மீளா வகையில் இறந்து விடும். இதே செயல் தான் மனித உடலிலும் நிகழுகிறது.

குளோரோபாரத்தை அஜாக்கிரதையாகப் பயன்படுத்துவதனுல் அடிக்கடி சாவு நேரிடுகிறது. இது வருந்தத் தக்க விஷயம்.

நரம்பு மண்டலம் விலங்குகளின் சிறப்புப் பண்பு என்று அடிக்கடி எண்ணப்படுகிறது. ஆனுல் உண்மையில் எல்லா விலங்குகளிலும் நரம்பு மண்டலம் காணப்படுவதில்லே. தூண்டலே மற்றப் பாதைகளேவிட விரைவாகப் பரப்புவதற்கான தனிப்பாதைகள் தாவரங்களில் (சில விஞ்ஞானிகள் கூறுவதுபோல) நிலவுவது நிலேநாட்டப்பட்டால், இப்பாதைகள் உடலியல் ரீதியில் நரம்புகளே ஓரளவு ஒத்த உறுப்புக்கள் என நாம் ஒப்புக்கொள்ள வேண்டும். இம்முறையில் தொட்டாற்சுருங்கியில் தூண்டல் அலே நீரியக்க அழுத்தம் மூலமாகத் தனிப்பட்ட குழாய்களின் வழியாகப் பரவுகிறது.[1] இது போன்ற கருவியைக் காற்றழுத்தத்தால் இயங்கும் மணிக்கு ஒப்பிடுவதே மேலாகும். இந்த உதாரணம், நரம்பு மண்டலத்தோடு எந்த விதத்திலும் உண்மையில் பொருந்துவதாக இல்லே.

இப்பொழுது நமது கடைசிக் கேள்விக்கு வருவோம்: தாவரத்துக்கு உணர்ந்தறியும் திறன் உண்டா? இந்தக் கேள்விக்கு மற்ருெரு கேள்வியின் மூலம் விடை அளிக்கலாம்: எல்லா விலங்குகளுக்கும் இத்திறன் உண்டா? தாழ்நிலே விலங்குகளுக்கும் இத்திறன் உண்டு என்பதை நாம் மறுக்காவிட்டால் தாவரங்களுக்கு இத்திறன் இல்லே என்று நாம் ஏன் கூற வேண்டும்? எளிய அமைப்புள்ள விலங்குகளுக்கு இத்திறன் இல்லே என்றே கொள்வோம். அவ்வாருயின், அங்கக உலகின் வளர்ச்சியில் எந்தக் கட்டத்தில் இத்திறனின் எல்லேக் கோடு தொடங்குகிறது? எந்த எல்லேக்கு அப்பால் உணரப்படும் பொருள், உணரும் பொருளாக மாறுகிறது? இக்குழப்பத்திலிருந்து நாம் விடுபடுவது எங்ஙனம்? உணர்ந்தயும் திறன் இயற்கையில் விரிவாகப் பரவியுள்ளது என்றும், தாழ்நிலே உயிர்களில் அது உள்ளுற அனல்கிறது என்றும், மனித அறிவில் மட்டுமே ஒளி வீசும் பொறியாகச் சுடர்கிறது

---

[1] இச்செயல்முறையின் சிக்கலான தன்மையைச் சமீப காலத்திய ஆராய்ச்சிகள் நிரூபிக்கின்றன.

என்றும் நாம் ஒப்புக்கொள்ளலாகாதா? அல்லது நிச்சய அறிவுக் கொடி அறுந்துவிடும் இடத்தில், எந்த எல்லைக்கு அப்பால் எட்டாது நழுவும் தனது நெடுந் தொலைவினுல் நம்மை இடைவிடாது மயக்கி ஈர்ப்பதும் சோதனை ஆராய்ச்சிகளின் வரம்புகளுக்கு உட்படாமல் இடைவிடாது விலகி ஓடுவதுமான ஊகப் பெருவெளி பரந்திருக்கிறதோ அந்த எல்லையில் நின்றுவிடுவதே மேல் அல்லவா?[1]

* * *

ஆகையினுல் விலங்கின் வாழ்க்கையிலோ அல்லது தாவரத்தின் வாழ்க்கையிலோ அவற்றில் ஏதேனும் ஒன்றுக்கு என்று தனிப்பட்ட பண்பு ஒன்றைக்கூட நாம் காணவில்லை. அங்கஜீவிகளில் ஒன்றையோ எல்லாவற்றையுமோ இவற்றில் ஏதேனும் ஒரு பிரிவில் சேர்ப்பதற்குரிய அடையாளம் ஒன்றைக் கூடக் காணேம். அப்படியானுல் தாவரத்துக்கும் விலங்குக்கும் வேறுபாடே இல்லையா?

உண்மையில், இவ்வேறுபாடு வெளிப்படையானது. இந்த வேறுபாடு நம் மனதில் மிக ஆழமாகப் பதிந்துவிட்டபடியால் இதை நம்மால் எளிதில் விட்டுவிட முடியவில்லை.

---

[1] தாவரத்துக்கு உளச் செயல் உண்டு என்ற கொள்கையைப் பல தாவரவியல் அறிஞர்கள் (ருஷ்யாவில் கார்ஷீன்ஸ்க்கியும் பமீந்த்ஸினும்) சமீபத்தில் வெளியிட்டுள்ளனர். இந்தக் கொள்கைப்படி உண்மையை அடிப்படையாகக் கொண்ட ஒரு வாதம் கூட இன்னும் முன்வைக்கப்படவில்லை என்று நான் கூற விரும்புகிறேன். கால் நூற்ருண்டுகளுக்கு முன்பு, நான் இப்பிரச்சினையை முதலில் கிளப்பிய பொழுது இருந்தது போலவே, தற்பொழுதும் விஞ்ஞானத்திற்குப் புறம்பான, மாருநிலை வாதக் கருத்துக்கள்தாம் இதற்கு ஆதரவாகக் கூறப்பட முடியும். தாவர வாழ்க்கையின் எளிய நிகழ்ச்சியை, விலங்குகளிலும் மனிதனிலும் நிகழும் சிக்கல் நிறைந்த உள வாழ்க்கையுடன் ஒப்பிட்டு விளக்குவது ஒவ்வொரு விஞ்ஞானமும், ஒவ்வொரு அறிவுத்துறையும் இது காறும் முன்னேறியுள்ள பாதையிலிருந்து விலகுவது ஆகும். [VIIIம் விரிவுரையின் இறுதிப் பகுதியைக் காண்க (பக்கம் 350), ''தாவர உடலியலின் நூற்ருண்டு விளைவுகள்'' என்னும் என் பிரசுரத்தையும் காண்க (பக்கங்கள் 46-52)].

தினசரி அனுபவத்தை ஆதாரமாகக் கொண்ட பொது அறிவு தான் பிடித்ததை விடாது. நாம் என்ன சொன்னாலும் சரி, குதிரை குதிரைதான், மரம் மரம்தான், அவற்றிற்கிடையே அகாதமான வேறுபாடு உள்ளது என்று அது வலியுறுத்திய வண்ணமாயிருக்கும்.

இம்முரண்பாட்டை எப்படி நீக்குவது? சில சமயங்களில் வேறுபாடு தெளிவாக உள்ளது, சில சமயங்களில் தெளிவாக இல்லை. இதனால் கிடைக்கும் முடிவு எளிமையானது. எனவே முரண்பாட்டை நாம் புரிந்துகொள்ள முடிகிறது. இது தர்க்க வழுக்களை ஆதாரமாகக் கொண்டுள்ளது. இதன் அடிப்படையில் மனிதன் ஸ்தூல உண்மையுடன் தொடர்பற்ற கருத்துக்களுக்கு, தனது மனப் படைப்புகளுக்கு, எதார்த்த வாழ்வைக் கற்பித்துக்கொள்கிறான். துரதிர்ஷ்டவசமாக இந்த வழு மிக அதிகமாகப் பரவியுள்ளது. இயற்கை விஞ்ஞானத்தின் முன்னேற்றத்தை இது பெருமளவு பாதித்திருக்கிறது. உண்மையில் தனித்தனியே விலங்குகளோ தாவரங்களோ கிடையாது. பிரிக்க முடியாத ஒரே அங்கக உலகம் தான் உள்ளது. விலங்குகளும், தாவரங்களும் சராசரி அளவுகள்தாம், நாமாகவே கற்பித்துக்கொண்டுள்ள மாதிரிக் கருத்துக்கள்தாம். அங்கஜீவியின் சில இயல்புகளிலிருந்து விலகி ஒதுங்கி, சில பண்புகளுக்குத் தனி முக்கியத்துவம் கொடுத்து, மற்றவற்றைச் சட்டை செய்யாமல், அனேகமாக அலட்சியப்படுத்துவதன் மூலம் நாம் இக்கருத்துக்களை உருவாக்கிக்கொள்கிறோம். மேலும் இப்பிரிவுகளில் மிக முக்கியமானவற்றைப் பற்றி மட்டுமே அறிந்திருந்த காலத்தில்தான் இக்கருத்துக்கள் உருவாக்கப்பட்டன. ஒப்பிடப்பட்டவை குதிரையும் மரமுமாக இருந்த வரையில் எந்தத் தவறும் ஏற்பட வழியில்லை. ஆனால் உயிரினங்கள் முழுவதையும் ஒட்டு மொத்தமாகக் கவனத்தில் கொள்ள நேர்ந்த பொழுது விஷயம் வேறு விதமாகத் தோன்றியது. அப்பொழுது நாம் அங்கக உலகின் ஒருமைப்பாட்டை ஒப்புக்கொள்ள வேண்டிவந்தது. நாம் ஏற்படுத்தியுள்ள பிரிவுகள் யாவுமே நம் மனதின் படைப்புகள்தான் என்ற அறிவு உதித்தது. பிரிவுகள் பற்றிய கருத்து மனித மனம் பெற்றுள்ள கருத்துக்களில் மிக மிகச் சிறந்த ஒன்று என்பதை

நான் ஏற்றுக்கொள்கிறேன். தனி வடிவங்களினுல் நிகழ்ந்த குழப்பத்தை வெற்றி கொள்ள இக்கருத்து இல்லாவிட்டால் முடிந்திராது. இருப்பினும் நாம் பயன்படுத்தும் தர்க்க ரீதியான முறையின் உண்மையான மதிப்பை மறந்துவிடக் கூடாது. மாதிரிகளேயும் ஸ்தூல உண்மையுடன் தொடர்பற்ற கருத்துக்களேயும் நாம் யதார்த்தம் எனக் கொள்ளக் கூடாது.

ஆனல் அங்கக உலகில் இது போன்ற இருமை இல்லே என்றும், தாவரங்களேயும் விலங்குகளேயும் முற்றிலும் வெவ் வேறு பிரிவுகளேச் சேர்ந்த உயிர்கள் என எண்ணுவதற்குப் பதிலாக இரண்டு மாதிரிக் கருத்துக்கள் மட்டுமே என நாம் புரிந்துகொள்ள வேண்டும் என்றும் வைத்துக் கொண்டாலுங் கூட, இவ்விரு கருத்துக்களும் நமது அறிவில் உருவாகி விட்ட படியால், அவற்றை விவரிப்பதற்கும் நாம் முதன்மையாக மதிக்கும் சிறப்பியல்புகள் எவை, அவற்றில் எவற்றைத் தாவரம் என்ற கருத்துடன் இணைக்கிருேம் என்பதைச் சுட்டிக் காட்டுவதற்கும் நாம் இயன்ற வரை முயல வேண்டும்.

''தாவரம் வளருகிறது, ஆனல் அதற்கு தானுக இயங்க முடியாது'' என்னும் மூதுரையை விடச் சுருக்கமான, பொ ருத்தமான வரையறையை நாம் இன்று கொடுக்க முடியாது என நான் எண்ணுகிறேன். இக்கூற்றிற்குரிய அதிகத் திட்ட வட்டமான பொருளேக் காண நாம் முயற்சிசெய்யலாம். எல்லா விதமான இயக்கங்களேயும் போன்றே விலங்கின் இயக்கமும் பொதுவான இயந்திரவியலின் விதிகளுக்குட்பட்டு நடை பெறுகிறது. விலங்கின் சிறப்புப் பண்பு யாதெனில், அத னுள் செயல் புரியும் சக்திகளின் மையம் அதனுள்ளேயே அடங்கியுள்ளது. எனவே அது புற நிபந்தனேகளேச் சார்ந்து இல்லே. இச்சக்திகளின் மூலம் ஆக்ஸிகரணச் செயல்முறையில் மறைந்துள்ளது. இச்செயல்முறை உடல் முழுவதிலும் நடை பெறுகிறது. இது சுவாசமாக வெளிப்படுகிறது, வெப்பம், இயக்கம் ஆகியவற்றின் மூலமாக விளங்குகிறது. இது தான் பொதுவாக விலங்கைத் தாவரத்திலிருந்து வேறுபடுத்திக் காட்டுகிறது: நான் ''பொதுவாக'' என்று கூறுவதற்குக் காரணம், இந்தச் செயல்முறைகள் தாவரங்களிலும் காணப் படுகின்றன என்பதற்குப் போதிய சான்றுகளேச் சற்று முன்பு தான் பார்த்தோம். ஆனல் அவற்றில் இச்செயல்முறைகள்

பின்னணியில் நிகழுகின்றன. ஏனென்றால் அங்கே ஆதிக்கம் வகிக்கும் ஏனைய செயல்முறைகள் இவற்றை அடியோடு மறைத்துவிடுகின்றன. ஒளியின் பாதிப்பினால் தாவரங்களின் பச்சை நிறமுள்ள பகுதிகளில் ஆக்ஸிகரணத்திற்கு எதிரான நிகழ்ச்சி, அதாவது கார்பனிக அமிலம் சிதைக்கப்பட்டுக் கார்பன் சேமிக்கப்படுவது, இடைவிடாது நடைபெறுகிறது என நாம் முன்னரே கண்டோம்.[1] இச்செயல்முறை தாவரத்தின் சுவாசத்தைப் போன்று இருபது மடங்கு தீவிரமாக நடைபெறுகிறது. உதாரணமாகத் தாவரத்தில் ஒரு ராத்தல் கார்பன் எரிக்கப்பட்டால்,அதில்இருபது ராத்தல்கள் கார்பன் உருவாக்கப்படுகிறது. தாவரம் தன்னில் சேரும் கார்பனில் இருபதில் ஒரு பகுதியைத்தான் தனது தேவைகளுக்காகப் பயன்படுத்துகிறது. பொருள் சேமிக்கப்படுவது, **வளர்ச்சி** என்னும் நிகழ்ச்சியில் நம்மை வியப்பில் ஆழ்த்தும் கன அளவில் பிரமாண்டமான அதிகரிப்பு இதனால்தான் ஏற்படுகிறது. விலங்குகளிலோ, முழு வளர்ச்சியின் குறிப்பிட்ட கட்டத்தில் பொருளின் வரவிற்கும் செலவிற்கும் இடையே ஒரு வகைச் சம நிலை ஏற்படுகிறது. ஆனால் தாவரத்தில் பொருள் சேமிப்பு அல்லது வளர்ச்சி தாவரத்தின் வாழ்நாள் முழுவதும் நடைபெறுகிறது.[2] இருப்பினும், இவ்விதம் பொருள் சேமிப்பது முற்றிலும் சூரியனைப் பொறுத்துள்ளது. தாவரங்கள் புற நிலைமைகளையே சார்ந்திருப்பதும் விலங்குகளின் சுதந்திரமான செயல்களிலிருந்து தாவரங்களைத் துலக்கமாக வேறுபடுத்தும் செயலின்மையும் இதனாலேயே விளைகின்றன.

தாவரங்களுக்கும் விலங்குகளுக்கும் உள்ள வேறுபாடு பண்பளவானது அல்ல, பொருளளவானது என்று இவ்விதமாகத் தெரியவருகிறது. ஒரே தன்மை வாய்ந்த செயல்

---

[1] விரிவுரை V ஐக் காணவும்.

[2] இவ்வாறு ஒப்பிடுவது அவ்வளவு சரியல்ல. தாவரத்தில் தனி உயிராக வரம்புக்கு உட்பட்ட வளர்ச்சியுள்ள தனிக் கிளையொன்றை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டுமே அன்றி முழுத் தாவரத்தையும் அல்ல. ஏனெனில் முழுத் தாவரம், உதாரணமாக மரம், சிக்கல் நிறைந்த அங்கஜீவி. இது அந்தமில்லாமல் வளர்ந்துகொண்டே இருக்கும் பவளம் போன்றது.

முறைகள் இரு பிரிவுகளிலும் நிகழுகின்றன. ஆனால் ஒன்றில் சில செயல்முறைகளும் அடுத்ததில் வேறு செயல்முறைகளும் ஆதிக்கம் வகிக்கின்றன. முடிவில் ஆக்ஸிகரணம், பொருட் கழிவு, சக்தி வெளிப்படுதல் ஆகியவை தோன்றினால், அது நமக்கு விலங்கு மாதிரியாகப் படுகிறது. அதற்குப் பதிலாக, ஆக்ஸிஜன் குறைப்பு, பொருள் சேமிப்பு, சக்தி உட்கொள்ளப்படுதல் ஆகியவை நிகழ்ந்தால் அது தாவர மாதிரியாக நமக்குத் தோன்றுகிறது. தாவரங்களுக்கும் விலங்குகளுக்கும் இடையே வேலை பாகுபடுத்தப்பட்டுள்ளது. விலங்குகள், தாவரங்கள் சேமித்த பொருளையும் சக்தியையும் பயன்படுத்தித் தீர்க்கின்றன. தாவரங்கள் தமக்குத் தேவையான சக்தியைச் சூரியனிடமிருந்து பெறுகின்றன. விலங்குகள் தாவரங்களைச் சார்ந்துள்ளன. தாவரங்கள் சூரியனைச் சார்ந்துள்ளன.

இவ்விதமாக, தாவரத்தின் வாழ்க்கை பற்றிய பொதுமையான கருத்தை நாம் அடைந்துவிட்டோம். அதன் முக்கிய வேலை யாது என்பதைப் புரிந்துகொண்டோம். அது அங்கக உலகில் என்ன பங்கு ஆற்றுகிறது என்று தெரிந்துகொண்டோம். அது சூரியன் விலங்குலகம் ஆகியவற்றிற்கு இடையே நடுவனாக வேலை செய்கிறது. தாவரம்—அல்லது, இன்னும் சரியாகச் சொன்னால், அதன் முக்கிய உறுப்பான பசுங்கணிகம்—தான் அங்கக உலகின் செயல் முழுவதையும், நாம் வாழ்க்கை என்று அழைப்பதை எல்லாம், நமது சூரிய மண்டலத்தில் உள்ள சக்தி மையத்துடன் இணைக்கிறது. இதுதான் தாவரத்தின் பிரபஞ்ச முக்கியத்துவம் வாய்ந்த பங்கு.

நமது மனக் கண் முன்னால் பசுமையான ஓக் மரம் தோன்றுகிறது. கோடைக் காலத்தில் அதன் அழகிய இலைகள் சலசலக்கின்றன. குளிர் காலத்தில் அம்மரம் மொட்டையாக உறைந்து நிற்கிறது. அது வெளியில் நிகழும் உஷ்ணநிலை ஏற்றத் தாழ்வுகளை எல்லாம் சமாளித்துக்கொள்கிறது. அது ஆண்டுக்கு ஆண்டு, நூற்றாண்டுக்கு நூற்றாண்டு, அங்ககப் பொருள் அளவில் கூடுகிறது. ஆனாலும் அது ஒரே இடத்தில் நிலைத்து நிற்கிறது. இதை எல்லாம் எண்ணிய பின்பு பாய்ந்து செல்லும் ருஷ்யக் குதிரையை நோக்குங்கள். அது பனிக் காலத்தில் படலம் படலமாக ஆவியை வெளிவிடுகிறது. அது

குளிர் காலத்திலும், கோடையிலும் வைக்கோலேயும், தானியத்தையும் பெருமளவில் உட்கொள்ளுகிறது. எதிர் எதிரான இந்த வெளி நிகழ்ச்சிகள், ஒன்றில் அல்லது மற்றதில் ஆதிக்கம் வகிக்கும் இரசாயனச் செயல்முறைகளின் விளைவாகத்தான் நடைபெறுகின்றன என்றுகாண்கிறோம். இப்பொழுது விலங்கு, தாவரம் ஆகியவற்றிற்குரிய எதிர்நிலை நமக்குத் தெளிவாகத் தெரிகிறது. இந்த ஒரு சில மாதிரி உதாரணங்கள் மீது மட்டுமின்றி, எல்லா விலங்குகள், தாவரங்கள் மீதும் அவற்றின் மொத்தச் செயல்கள் மீதும் மொத்தமாகக் கண்ணோட்டிஞல் இத்தகைய எதிர்நிலை தவருனது என்பதை நாம் கட்டாயமாக அறிந்துகொள்கிறோம். முதலில் ஒரே தடத்தில் ஓடிய அங்கக வாழ்க்கை ஓடை பின்பு இரு கிளைகளாகப் பிரிந்து விட்டது, எனவே அதன் கழிமுகத்தில் இருந்துகொண்டு காணும் பொழுது நமக்கு அதில் இரண்டு தனித் தனி நீரோட்டங்களைக் காண்பதுபோலப் படுகிறது என்பதை ஒப்புக்கொண்டதுமே எல்லா விதமான ஐயங்களும் தெளிந்துவிடுகின்றன. முரண்பாடு மறைந்து விடுகிறது. இந்த இரு நீரோட்டங்களேயும் தொடர்ந்து அவற்றின் மூலத்திற்கு நாம் செல்ல வேண்டும். அவ்வாறு முயன்றால் தான், இவை உயிர்த் துடிப்புள்ள ஒரே வாழ்க்கை ஓடையின் இரு கிளைகள்தாம் என்ற முடிவிற்கு நாம் வருவோம்.

* * *

இத்துடன், தாவரத்தின் உயிர்ச் செயல்கள் யாவற்றையும் கூறி முடித்து விட்டோம். நாம் அதன் பல்வேறு உறுப்புக்களின் கட்டமைப்பைக் கற்றுக்கொண்டோம், அவை ஆற்றும் பங்கை அறிந்துகொண்டோம். இந்த முறையில் உடலியல் அறிஞனை எப்பொழுதும் எதிர் நோக்கியிருக்கும் இரட்டைத் தன்மை வாய்ந்த பிரச்சினையைத் தீர்த்து வைத்துள்ளோம். அப்பிரச்சினை இதுதான்: உறுப்பு ஒன்று கொடுக்கப் பட்டால் அதன் வேலையைக் கண்டுபிடிப்பது, வேலை கொடுக்கப்பட்டிருந்தால் அதற்குரிய உறுப்பைக் கண்டுபிடிப்பது. ஒவ்வொரு உறுப்பும், தன் வேலையை எவ்வளவு செவ்வையாக நிறைவேற்றுகிறது, சூழ்நிலைக்கு ஏற்ப எப்படி அமைக்கப்

பட்டிருக்கிறது, வெவ்வேறு உறுப்புக்களின் பரஸ்பரச் செயல் எவ்வளவு இன்றியமையாதது, தாவரத்தின் பொது வாழ்வில் அவை எவ்வாறு ஒத்திசைந்து வேலை செய்கின்றன என்று பார்த்தோம். மேலும், அங்கக உலகின் இரு வேறு பிரிவு களைச் சேர்ந்தவையாக இருந்த போதிலும், சில அங்கஜீவி களுக்கிடையே நிலவும் கூட்டுறவு எவ்வளவு குறிப்பிடத் தக்கதாக உள்ளது என்று கண்டோம். தாவரம், விலங்கு என்ற இந்த இரண்டு பிரிவுகளுக்கிடையே பரஸ்பரச் செயல் எந்த அளவிற்கு ஒத்திசைந்து இருக்கிறது என்று நாம் பார்த் தோம். இந்த விவரங்கள் எல்லாவற்றையும் கற்றுக்கொண்ட பிறகு, நமது விரிவுரைகளின் முடிவிற்கு வந்துவிட்டோம் என்று கூற நமக்கு உரிமையுண்டு எனத் தோன்றுகிறது. ஆனால், இந்த வெளிப்படையான முடிவில், அல்லது எல்லையில் தான் உடலியல் அறிஞன், தனது விஷயம் முற்றுப் பெறவில்லை என்பதைத் தெளிவின்றி ஆயினும் உணரத் தொடங்கு கிறான். இந்தத் தனித்தனிப் பிரச்சினைகள் எல்லாவற் றிற்கும் அப்பால், மிகப் பொதுவான சர்வவியாபகமான பிரச்சினை ஒன்று உள்ளது என்று அவன் அறிந்துகொள்கிறான்: இந்த உறுப்புக்கள் எல்லாம், வடிவங்கள் எல்லாம் **ஏன்** இவ் வளவு செவ்வையாக உள்ளன? அவை **ஏன்** இவ்வளவு வியப் பூட்டும் வகையில் சூழ்நிலைக்கு ஏற்ப அமைந்திருக்கின்றன? இந்த விஷயம் எந்த அளவுக்குக் குறிப்பிடத்தக்கதாக இருக் கிறதோ, அங்கஜீவி எந்த அளவுக்குச் செவ்வையாக இருக் கிறதோ, அந்த அளவுக்குப் பின்வரும் பிரச்சினை மீண்டும் மீண் டும் எழுகிறது: இது ஏன் இவ்வளவு செவ்வையாக உள்ளது, எந்த முறையில் இந்தச் செவ்வைப்பாட்டை இது அடைந் துள்ளது? ''எனக்குத் தெரியாது'', ''எனக்கு விளங்கவில்லை'', ''எனக்கு ஒரு பொழுதுமே விளங்காது'' என்பன போன்ற விடைகளை முடிவில் கேட்பதற்காக, இவ்வளவு நீண்ட விரிவுரைத்தொடரைக் கேட்டது பிரயோசனம் உள்ளதுதானா? இயற்கையுடன் பழகுபவன் இவ்வித விடையை அளிக்கத்தான் செய்வான். மற்ற ஆராய்ச்சியாளர்களை விட அவன்தான் இவ்விடையை மனப்பூர்வமாகக் கூறுவான். ஆனால் அதே சமயம், அவன் இதை விளக்க ஏதாவது சந்தர்ப்பம் கிடைத் தால் அதை விட மாட்டான். எந்த அறிவுத் துறைகளுக்குள்

புகுவதில் ஒளிக் கதிர்கள் ஓரளவேனும் வெற்றி கண்டுள்ளன வோ அவற்றை அவன் முழுமூச்சாகப் பாதுகாப்பான்.

ஆலோசனைக்கு உரிய விஷயம் குறித்து மனித அறிவின் இயல்பான ஆவலை விஞ்ஞானம் எந்த அளவுக்குத் திருப்தி செய்ய முடியும், அங்கக உலகின் அடிப்படை இயல்பு எனக் கருதப்படும் அதன் செவ்வைப்பாடு, ஒத்திசைவு, அல்லது நோக்கப் பொருத்தத்துக்கு உரிய திறவு கோலை அளிக்க முடியும் என்பதை நாம் அடுத்த விரிவுரையில் காணலாம்.

X

அங்கக வடிவங்களின் தோற்றம்

அங்கக வடிவங்களின் நோக்கப்பொருத்தத்தை அவற்றின் சரித்திரபூர்வமான வளர்ச்சிச் செயல்முறை கொண்டுதான் விளக்க முடியும். தொல்லுயிரியல், இயற்கை உருவ இயல், முளைக்கருவியல் ஆகியவை அங்கஜீவிகளுக்கிடையே பிறவி அடிப்படையில் உள்ள தொடர்பைக் காட்டுகின்றன. இனங்கள் நிரந்தமானவை என்ற வழக்கிலுள்ள நம்பிக்கைக்கு இம்முடிவு முரணாக உள்ளது. இனங்கள் உண்மையில் மாறாதவையா? இந்த நம்பிக்கையின் அடிப்படையிலுள்ள தர்க்க ரீதியான தவறு.

சரித்திர பூர்வமான செயல்முறை செவ்வைப்பாட்டுக்கு இட்டுச் செல்வது ஏன்? டார்வினின் கொள்கை. வாழ்க்கைப் போராட்டமும், இயற்கைத் தேர்வும். இடைநிலை வடிவங்கள் இல்லாமல் இருப்பதற்கு விளக்கம். நோக்கப் பொருத்தமுள்ள தகவமைப்புக்கான சில உதாரணங்களை விளக்குகையில் நாம் எதனுடன் திருப்தி அடைய வேண்டியிருக்கிறது? வாசகர்கள் பின்பற்றிய பகுப்பாய்வு வழியும் தொகுப்பு வழியும். இந்த விரிவுரைத் தொடரின் பொது முடிவுகளும் நோக்கமும்.

சென்ற விரிவுரையில் நாம் பின்வரும் முடிவுக்கு வந்தோம்: அங்கக இயற்கையின் நிகழ்ச்சிகள்பால் கருத்தைச் செலுத்தும் சிந்தனைத்திறன் கொண்ட ஒவ்வொரு மனிதனும், சிறப்பாக இந்நிகழ்ச்சிகளை அதிக ஆழமாக ஆரா

யும் இயற்கை விஞ்ஞானியும், முழுமையாகவும் தனித்தனிப் பகுதிகளிலும் அங்கக உலகத்திற்குப் பொதுவான ஒரு பண்பு இருக்கிறது என்பதை உணருகிருர்கள். செவ்வைப்பாடு, ஒத்திசைவு, நோக்கப் பொருத்தம் என்னும் சொற்களால் நாம் இப்பண்பைப் புலப்படுத்த முயல்கிரேம். உயிரினங்களின் மிக எடுப்பாகத் தென்படும் இந்தப் பண்புக்கு விளக்கம் காண வேண்டும் என்ற தன்வசமற்ற அடக்க முடியாத ஆர்வம் இதைத் தொடர்ந்து எழுகிறது. இயற்கையைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியின் இந்தக் கட்டத்தை அடைந்ததும் தனது பாதை முடிந்துவிட்டது என்றே முன்னர் இயற்கை விஞ்ஞானி எண்ணிவந்தான். இந்தச் செவ்வைப்பாடு, ஒத்திசைவு நிலவுவதே முதன்மையான அடிப்படை நிகழ்ச்சி என்றும் இதற்கு அப்பால் விஞ்ஞான ஆராய்ச்சியை நிகழ்த்த முடியாது என்றும் அவன் கருதிவந்தான். தன் மனப்பாங்குக்கு ஏற்றபடி, அவன் ஒன்ரு மௌனத்தில் ஆழ்ந்தான், இல்லாவிட்டால் மனநிறைவு அளிக்கும் இவ்விஷயம் குறித்து உற்சாகம் பொங்கச் சொற்களைக் கொட்டியளந்தான். ஆனுல் இக்கருத்து மேலோங்கி நின்ற பொழுதும், விஞ்ஞான உலகில் துணிவுடைய ஒரு சில முன்னேடிகள் அங்கக வடிவங்களின் இந்தப் பொதுப் பண்பைத் தனித்தனி நிகழ்ச்சிகளை ஆராய்வது போன்றே விஞ்ஞானம் ஆராய வேண்டும் என்று கோரினர். அதாவது உண்மையை அப்படியே சொல்லிக் கொண்டுபோவதுடன் திருப்தி அடைந்துவிடாமல்விஞ்ஞானம் அதை அறிவுக்குப் பொருந்தும் முறையில் விளக்க முற்பட வேண்டும். பொதுப்படையான விதிகளைச் சார்ந்துள்ள தனி உதாரணமாக அதை விஞ்ஞானம் கருத வேண்டும். இது இப்படி இருக்கிறது என்ற அனுபவ அறிவால் மட்டும் திருப்தி அடைந்துவிடாமல், இது இப்படித்தான் இருக்க வேண்டும் என்று பகுப்பு ஆய்வு மூலம் முடிவு பெற விஞ்ஞானம் முயற்சி செய்ய வேண்டும் என்றெல்லாம் விஞ்ஞான முன்னேடிகள் கோரினர். நம்மை வியப்பில் ஆழ்த்தும் அங்கக உலகின் செவ்வைப்பாடு இன்றியமையாத விளைவே என்னும் முடிவுக்கு வரும் நிலைக்கு நம்மை இட்டு வரக் கூடிய இந்தப் பொது விதிகள் எவையாக இருக்க முடியும்? இந்தக் கடைசி விரிவுரையில் இக்கேள்விக்கு நாம் விடை காண்போம்.

இதுவரைக்கும், தாவர வாழ்க்கையின் தனித்தனி நிகழ்ச்சிகளை விளக்கும் பொழுது, நாம் பொதுவான, விளங்கக் கூடிய பௌதிக, இரசாயன விதிகளால் அவற்றை விளக்க எப்போதும் முயன்றோம். பெரும்பாலான உதாரணங்களில் நாம் இவ்வித முறையைக் கையாண்டு வெற்றி கண்டுள்ளோம். முந்திய உடலியல் அறிஞர்கள் வெகு தாராளமாகக் கையாண்டுவந்த மர்மமான **உயிர்ச் சக்தி** என்ற கருத்தை நாம் ஒரு முறை கூடப் பயன்படுத்த வேண்டிய அவசியமே இல்லாமல் போயிற்று. நிச்சயமற்ற பண்புகளும், விளங்காத செயற்களமும் கொண்ட இந்த உயிர்ச் சக்தி எனப்படுவது ஆதாரமற்றது என நாம் நிரூபிக்கவில்லை. அது நிலவுவதையே மறுக்க நாம் முயலக்கூட இல்லை. நமது விரிவுரைகளில் அது இடம் பெறவில்லை, அவ்வளவே. இதன் பொருட்டு நாம் வருந்த வேண்டிய அவசியமே ஏற்படவில்லை.

ஆனால் இங்கு ஒரு கேள்வி எழுகிறது. தாவர வாழ்க்கையின் எல்லா அம்சங்களையும் இம்முறையில் நாம் விளக்க முடியுமா? உதாரணமாகக் கடந்த இரண்டு விரிவுரைகளில் நாம் கற்ற தாவரங்களின் ஆச்சரியகரமான நோக்கப் பொருத்தம் கொண்ட வடிவங்களின் தோற்றத்தைப் பௌதிக சக்திகளின் பாதிப்பு ஒன்றால் மட்டுமே நாம் விளக்க முடியுமா? உதாரணமாக, அயல் கருவுறல் நடைபெறுவதில் பூச்சிகளின் ஒத்துழைப்புக்கு எல்லா அம்சங்களிலும் அற்புதமாக ஏற்றவாறு அமைக்கப்பட்டுள்ள ஸேஜ் செடியின் பூ உருவானதை, தற்போது செயல்பட்டுக் கொண்டிருக்கும் பௌதிக சக்திகளின் சாத்தியமான எந்தக் கூட்டினாலும் நாம் விளக்க முடியுமா? ஈப்பொறிச் செடி அல்லது பனித்துளிச் செடியின் இலைகள் பூச்சிகளைப் பிடித்து உண்பதற்காக எல்லா விதமான இயந்திரப் பண்புகளையும், இரசாயனப் பண்புகளையும் பெற்றிருப்பது ஏன் என்பதை மேற்கூறிய முறையில் விளக்க முடியுமா? முடியாது என்பதுவெளிப்படை. உண்மையில் ஆராய்ச்சிக்குரிய அங்கஜீவி எவற்றின் பாதிப்பினால் உருவாகியுள்ளதோ அந்தப் பொருள்கள், சக்திகள் ஆகியவற்றின் பரஸ்பரக் கிரியையின் தவிர்க்க முடியாத விளைவே இந்த எல்லா வடிவங்களும் அல்லது, இன்னும் சரியாகச் சொன்னால், அவற்றின் நோக்கப் பொருத்தம் என எவ்வகையிலும் விளக்க

முடியாது. ஆனுல் இவற்றின் தனித்தனி வாழ்க்கைச் சூழ்நிலே யின் உதவியினுல் இவ்வடிவங்களே நம்மால் விளக்க முடியாது என்ருல், வேறு எந்த முறையினுலாவது நாம் விரும்பும் விளக்கத்தைப் பெற முடியாதா?

ஒரு சரித்திர ஆசிரியர் அல்லது அரசியல் அறிஞர் ஒரு நாட்டினரின் வரலாற்றை ஆராய்கிருர். அதன் வரலாற்றின் குறிப்பிட்ட காலத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட நிகழ்ச்சிக்கும் அந்தக் காலகட்டத்தில் இருந்த ஒழுக்க முறை, பழக்க வழக்கம் ஆகியவற்றிற்கும் எவ்விதத் தொடர்புமில்லே என்பதையும், அது தற்காலச் சூழ்நிலேக்கும் இசைவாக இல்லே என்பதையும் அவர் காண்கிருர். அல்லது மிகவும் செவ்வையான, முற்றிலும் ஒழுங்கமைக்கப்பட்ட அரசாங்க அல்லது சமூக வடிவை அவர் காண்கிருர். இவற்றை விளக்க அவர் சரித்திர பூர்வமான காரணங்களே ஆதாரமாகக் காட்ட வேண்டியிருக்கிறது. நிகழ்காலத்தின் மூலம் அவருக்கு விடை கிடைக்காவிட்டால் அவர் பழமையை ஆராய்ந்து அவ்விடையைத் தேடுகிருர். இயற்கையின் நிகழ்ச்சிகளே விளக்க நாம் ஏன் இதே முறையைப் பின்பற்றக் கூடாது? உறுப்பு அதன் வேலேக்குப் பொருத்தமாயிருக்கிறது, அங்கஜீவி சுற்றுப்புறத்துடன் முழுக்கக முழுக்க ஒத்திசைந்துள்ளது, ஆனுல் ஒவ்வொரு அங்கஜீவியிலும் செயல் புரியும் தற்காலச் சூழ்நிலேகள் அதன் தோற்றத்தை விளக்கப் போதுமானவையாயில்லே என்று நாம் உணருகிரேம். எனவே: அங்கஜீவி பெற்றிருக்கும் இச்செவ்வைப்பாடு திடீரென்று ஏற்படவில்லே என்று நாம் முடிவு கட்டலாமல்லவா? அது சரித்திரபூர்வமான வளர்ச்சிச் செயல் முறையில் படிப்படியாக ஏற்பட்டது என்று கூறலாமல்லவா? தற்பொழுது செயலாற்றும் அதே பௌதிக சக்திகள் இந்தப் பொருத்தத்தை இது போன்று நீண்ட காலப்போக்கில், ஏற்படுத்தின என்று நாம் கருதலாமல்லவா? தனிப்பட்ட ஒரு அங்கஜீவியை அவ்வளவு ஆழமாகப் பாதிக்க இயலாத பௌதிக சக்திகள் பல தலேமுறைகள் கொண்ட நீண்ட காலப்போக்கில் துலக்கமான மாறுதல்களே ஏற்படுத்த வல்லவையாக இருக்கலாம் என நாம் அனுமானிக்கலாகாதா?

இயற்கையைப் பற்றி இவ்விதம் விளக்க இரண்டு அடிப்படைக் கருத்துக்களே நாம் முதலில் நிரூபிக்க வேண்டும்:

முதலாவது, அங்கக உலகிற்கு வரலாறு உண்டு, இரண்டாவது, இந்தச் சரித்திரச் செயல்முறை தவிர்க்க இயலாதவாறும் நிச்சயமாகவும் செவ்வைப்பாட்டுக்கு இட்டுச் செல்கிறது. இந்த அடிப்படைக் கருத்துக்களின் உண்மையை நாம் நிரூபித்தால், அங்கக வடிவங்களின் செவ்வைப்பாட்டை விளக்கப் பொது வழி கண்டுவிடலாம்.

* * *

தாவரத்துக்கு வரலாறு உண்டா? நாம் ஆங்காங்கே இக்கேள்விக்கு உண்டு என்ற விடையையே அளித்துவந்துள்ளோம். ஆனால் இதற்கு ஆதாரமாக உள்ள விவரங்கள் முழுவதையும் காண நமக்குச் சந்தர்ப்பம் கிட்டவில்லை. இதற்குரிய நிரூபணத்தை முதலில் தருவது புவி இயல் ஆகும். பூமியில் தற்பொழுது உள்ளவை முந்திய புவி இயல் யுகங்களில் நிலவிய அதே தாவரங்கள் அல்ல எனவும் ஆராயப்படும் யுகம் நம் காலத்துக்கு எவ்வளவு முற்பட்டதோ அந்த யுகத் தாவரங்களின் வடிவங்கள் அவ்வளவு எளியவை எனவும் நாம் முதல் விரிவுரையிலேயே கூறினோம். முதலில் தோன்றிய தாவரங்கள் குதிரை வால் செடிகள், பெரணிகள், நிலப் பாசிகள் போன்றவை. இவையாவும் விதைத்தூள் தாவரங்கள். பின்பு விதைத் தாவரங்கள் தோன்றின. இவற்றிலும் முதலில் தோன்றியவை ஊசியிலைத் தாவரங்கள். பிந்திய கட்டத்தில் தோன்றியவை இரட்டை விதையிலைத் தாவரங்கள். இவை உறுப்பமைப்பில் அதிகச் சிக்கலும் செவ்வைப்பாடும் பெற்றவை. இவைதாம் தற்பொழுது பூமியில் ஆதிக்கம் வகிக்கின்றன. இவ்விதமாக, காலப்போக்கில் ஏற்கனவே வாழ்ந்து வந்த தாவர வர்க்கங்களிடையே புதிய வர்க்கங்கள் தோன்றின, இவை பழைய தாவரங்களை விட எண்ணிக்கையில் அதிகரித்தன. மேலும், எளிய அமைப்புள்ள தாவரங்களிலிருந்து சிக்கலான அமைப்புள்ள தாவரங்கள் தோன்றின. முதல் விரிவுரையில் கூறியுள்ளபடி, இந்த அடிப்படைப் புவி இயல் உண்மையை ஒன்றுக்கொன்று முரண்பட்ட இரு கற்பிதக் கொள்கைகளைக் கொண்டு விளக்கலாம்: புதிய தாவரங்கள் புது வடிவிலேயே, முன்பிருந்தவற்றின்

மீது எந்த விதமான சார்பும் இன்றியே தோன்றின என்பது ஒரு கொள்கை. அவை முன்பிருந்தவற்றிலிருந்து உருமாற்றத்தின் மூலம் தோன்றியவை, எனவே அவற்றுடன் நேரடியான உறவு கொண்டவை என்பது மற்றொரு கொள்கை. இவ்விரு கொள்கைகளையும் நான் கற்பிதக் கொள்கைகள் என்றே அழைக்கிறேன். இதை எத்தனை முறை திருப்பிக் கூறினாலும் தகும். ஏனெனில் முதல் கருத்தை ஆதரிப்பவர்கள் இரண்டாவது கருத்து கற்பிதக் கொள்கை என்று குறிப்பிடத் தக்க தன்னம்பிக்கையுடனும் விடாப்பிடியாகவும் கூறிவருகிறார்கள். தங்களுடைய கருத்தும் மற்றதைப் போன்றே கற்பிதக் கொள்கைதான் என்பதையும் தான்தோன்றித்தனமான விளக்கமே தவிர, உள்ளதை அவ்வாறே கூறுவதல்ல என்பதையும் அவர்கள் மறந்து விடுகிறார்கள்.

இவ்விரு கற்பிதக் கொள்கைகளின் தகுதியை ஒப்பு நோக்கில் மதிப்பிட முயல்வோம். இவற்றில் எது உண்மைக்கு அதிகப் பொருத்தமாக உள்ளது, எது அதிக உண்மைகளை விளக்குகிறது, எதில் முரண்பாடுகள் குறைவு, சுருங்கக் கூறின், ஒவ்வொரு விஞ்ஞான ரீதியான கற்பிதக் கொள்கைக்கும் உரிய நிபந்தனைகள் அனைத்தையும் எது பூர்த்தி செய்கிறது என்று பார்ப்போம்.

ஒரு தாவரத்திலிருந்து மற்றொரு தாவரம், ஓக் மரத்திலிருந்து பிர்ச் மரம், ஆம்பல் பூவிலிருந்து ரோஜாப் பூ தோன்றியிருக்க முடியும் என்ற கருத்து முதலில் மிக விந்தையாக இருப்பதால் அறிவு அதை எளிதில் புரிந்துகொள்வதில்லை. ஆனால் இதே போன்று விதையிலை, அல்லி, கேசரம், சூலகம் ஆகியவை இவற்றிலிருந்து பெரிதும் வேறுபட்ட இலையிலிருந்து தோன்றின என்பதை புரிந்துகொள்வது இதை விட எளிதா? இருப்பினும் முதல் விரிவுரையில் நாம் உருமாற்றக் கொள்கையைப் பற்றிக் கூறினோம். வடிவம், அமைப்பு, வேலை ஆகிய எல்லாவற்றிலும் வேறுபட்டுள்ள இந்த உறுப்புக்கள் யாவும் இலை என்ற ஒரே உறுப்பினின்றும் உருமாறி வந்தவை என்ற முடிவிற்கு வந்தோம். பின்வரும் உண்மைகளின் துணைகொண்டுதான் நாம் இந்த முடிவுக்கு வர வேண்டியிருந்தது. முதலாவது, தாவர உலகில் அடையாளம் கண்டுபிடிக்க முடியாத இடைநிலை வடிவங்கள் உள்ளன என்பது. உதாரண

மாக, ஆம்பல் பூவில் கேசரங்களோ அல்லது அல்லிகளோ அல்லாதவையும் ஆனுல் இரண்டையும் ஒத்தவையுமான பல உறுப்புக்களைக் கண்டோம். இவற்றின் காரணமாக அல்லிகள் எங்கு முடிவடைகின்றன கேசரங்கள் எங்கு தொடங்குகின்றன என்று கண்டுபிடிக்க முடிவதில்லை. உறுப்புக்களின் படிப்படியான உருமாற்றத்துக்கு ஆதரவான இரண்டாவது வாதம் செடிகளில் காணப்படும் விகிருதிகளை, அதாவது ஒரு உறுப்பு தற்செயலாக மற்ருெரு உறுப்பின் வடிவத்தைப் பெறும் நிகழ்ச்சிகளை ஆதாரமாகக் கொண்டது. உதாரணமாகப் பியோனிப் பூவின் சூலகம் முனைகளில் சூல்கள் கொண்ட சிவப்பு அல்லியின் வடிவத்தைப் பெறுகிறது. இந்த மாறுதல்கள் செயற்கை முறையில் தோற்றுவிக்கப்படும் பொழுது இந்த நிகழ்ச்சிகள் மிகவும் நம்பிக்கையூட்டுபவை. உதாரணமாக இரட்டைப் பூக்களில், கேசரங்கள் அதிகப் படியான அல்லிகளாக மாறியுள்ளன. இலை மொக்குக்களின் புறச் செதில்களை உண்மையான இலைகளாக உருமாற்றும் சோதனைகளும் இவ்வாறே நம்பிக்கை ஊட்டுபவை. ஒரு உறுப்பு அதிலிருந்து வேருன மற்ருெரு உறுப்பாக உருமாறுவது சாத்தியம் என்பதை நாம் இந்தக் காரணங்களால் கட்டாயமாக ஏற்றுக்கொள்ள வேண்டியிருக்கிறது, ஆகையால் வெவ்வேறு செடிகளின் ஒரே மாதிரி உறுப்புக்களுக்கு இடையே இத்தகைய மாற்றம் ஏற்படுவது சாத்தியம் என்பதை நாம் இன்னும் எளிதில் ஒப்புக்கொண்டு ஆக வேண்டும். கேசரம், இலையிலிருந்து தோன்றியது என்பதை நாம் ஒப்புக்கொண்டால் ஒரு தாவரத்தின் இலை மற்ருெரு தாவரத்தின் இலையிலிருந்து தோன்றக் கூடும் என்பதை இன்னும் அதிக நம்பிக்கையுடன் நாம் ஒப்புக்கொள்ளலாம். இதே விதமாக ஒரு தாவரத்தின் பூவிலிருந்து மற்ருெரு தாவரத்தின் பூ தோன்றியிருக்கக் கூடும். இடைநிலை வடிவங்கள் உண்டு என்றும் விகிருதிகள், அதாவது நேரடி மாறுதல்கள் உண்டு என்றும் மேலே கூறினேம். இவற்றின் அடிப்படையில் தான் இக்கருத்தை நாம் ஏற்க வேண்டியிருக்கிறது. இப்பொழுது சில உதாரணங்களைக் காணலாம்.

முதல் உதாரணமாகத் திகழ்வது மருந்து தயாரிக்கப் பயன்படும் சேஜ் பூ. இது பூச்சிகளின் மூலம் அயல் மகரந்தச்

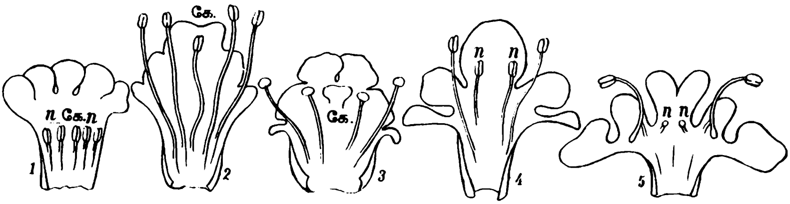
சேர்க்கை நடைபெறுவதற்குத் தகுந்த சாதனங்களைப் பெற்றுள்ள காரணத்தால் சிறப்பானது. மிகுந்த அக்கறைக்குரிய இந்த மலர், ஒழுங்கான, ஆரச் சமச்சீர் வடிவுள்ள, பார்வைக்கு முற்றிலும் வேறுபட்ட மலரிலிருந்து எவ்வாறு படிப்படியாக உருவாகியுள்ளது என்பதைக் காட்ட முயல்வோம். சேஜ் பூ ஈருதட்டின எனப்படும் துளசிக்குடும்பப் பூவாகும். அல்லிவட்டத்தில் பெரும்பாலும் இரு உதடுகள் உண்டு ஆதலால் இக்குடும்பப் பூக்கள் அவ்வாறு அழைக்கப்படுகின்றன. தைம், புதீனு போன்ற செடிகள் இக்குடும்பத்தைச் சேர்ந்தவை. **போராஜினியே** எனப்படும் குழற்பூக் குடும்பம் ஈருதட்டினவற்றைப் பல வகைகளில் ஒத்தது என்று தாவர இயலார் கருதுகிறுர்கள். போராஜினியே குடும்பத்திற்கு உதாரணமாக நிஸபூத்காச்[1] செடியை எடுத்துக்கொள்வோம். இதன் இளநீல அல்லிவட்டம் அடிப்பகுதியில் குட்டையான குழல் போன்றது, மேலே விரிந்து சம அளவுள்ள ஐந்து வட்டப் பற்களாகப் பாகுபட்டிருக்கிறது. இக்குழலில் உட்புறமாகப் பார்த்தால், ஒரே மாதிரியான ஐந்து மஞ்சள் நிற மகரந்தப் பைகளைப் காணலாம். இவற்றின் மகரந்தத் தாள்கள் குழலுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன (படம் 82)[2]. சேஜ் செடியின் விசித்திரமான இரண்டு மகரந்த கேசரங்களைப் பெற்றுள்ள ஈருதட்டுப் பூ, இந்தச் சீரான நட்சத்திரம் போன்ற நிஸபூத்காப் பூவிலிருந்து தோன்றியிருக்க முடியுமா? இதை ஏற்பது எங்ஙனம் சாத்தியம்? இந்த இரண்டு குடும்பங்களிலிருந்து நாம் உதாரணமாகத் தேர்ந்தெடுத்துள்ள கோடிகளிலிருக்கும் பூக்களுக்கிடையே இடைநிலை வடிவங்கள் இருக்கின்றன என்று நிரூபித்து விட்டால், இக்கருத்து அதிகச்

---

[1] கவிழ்தும்பைச் செடி போன்ற ஒரு வகை மலர்ச் செடி. ஆங்கிலத்தில் Forget-me-not (என்னை மறவாதே) எனப்படுவது.—(ப-ர்.)

[2] படம் 82: 1—நிஸபூத்காப் பூவின் அல்லி வட்டம், 2—வைப்பரின் பக்லாஸின் அல்லிவட்டம், 3—பிக்வொர்டின் அல்லிவட்டம், 4—தைமின் அல்லிவட்டம், 5—சேஜின் அல்லி வட்டம். அல்லி வட்டங்கள் முழுவதும் கீழ் உதட்டை ஒட்டியே நறுக்கி விரிக்கப்பட்டுள்ளன. சேஜ் பூவின்அல்லி வட்டமும் மேல் உதட்டை ஒட்டி நறுக்கப்பட்டுள்ளது.

சாத்தியமானது என நாம் காட்டலாம். போராஜினியே குடும்பத்தில் உள்ள எல்லாப் பூக்களும் நிஸபூத்காப் பூவைப் போன்று சீரானவை அல்ல. வைப்பரின் பக்லாஸ் என்னும் பூவில் இருபக்கச் சமச் சீரமைப்பு காணப்படுகிறது. அதாவது பூவில் மேல் பகுதி, கீழ்ப் பகுதி என்ற வேறுபாடுகள் தோன்றுகின்றன. ஆனால் இரண்டு உதடுகள் தோன்றும் அளவிற்கு வேறுபாடுகள் அதில் இல்லை (படம் 82—2). அதே சமயத்தில்



படம் 82

ஐந்து கேசரங்களும் அளவில் வேறுபட்டிருக்கின்றன. முக்கியமாக எல்லாவற்றிற்கு மேலாக உள்ள கேசரம் (படம் 82—2, கே.) மற்றவற்றைவிடக் குட்டையாக இருக்கிறது. துளசிக் குடும்பத்தைச் சேர்ந்த எல்லாப் பூக்களுக்கும் இரண்டு உதடுகள் உள்ள அல்லிவட்டம் இல்லை. புதீனவில் பூ பெரும்பாலும் ஒழுங்கானதாக இருக்கிறது. எனவே ஒழுங்கான அல்லிவட்டத்திலிருந்து இரண்டு உதடுகளுள்ள அல்லிவட்டம் இருக்கும் பூவை நோக்கி மாறுதல் படிப்படியாக நிகழ்ந்திருக்கும். இப்பொழுது நாம் கேசரங்களை நோக்குவோம். போராஜினியே குடும்பப்பூக்களில் ஐந்து கேசரங்கள் உள்ளன, துளசிக் குடும்பப் பூக்களில் நான்கு கேசரங்கள் உள்ளன. இந்த நான்கில் மேல் பக்கத்தில் உள்ள இரு கேசரங்கள் சிறியவை, கீழ்ப் பக்கத்தில் உள்ள இரு கேசரங்கள் பெரியவை (படம் 82—4, n, n). ஐந்தாவது கேசரம் எங்கே? மற்ற அங்கஜீவிகளுடன் ஒப்புநோக்குவதன் மூலம் நிலவுவதாகக் கண்டறியப்பட்ட ஒரு உறுப்பு ஒரு அங்கஜீவிக்கு இல்லாதிருந்தால் பின்வரும் இரண்டு மாறுதல்களில் ஒன்று நிகழ்ந்

திருப்பதை நாம் வழக்கமாகக் காண்கிறோம்: அந்தக் குறிப் பிட்ட உறுப்பு உருமாற்றம் அடைந்து, மற்றொரு உறுப்பாக மாறியிருப்பது ஒரு மாறுதல், அல்லது அது உபயோகமற்றுப் போய் முழுவதுமே மறைந்து விடுதலும், இதற்குப் பதிலாக மற்ற உறுப்புக்கள் வளர்தலும் இரண்டாவது மாறுதல். உறுப்புக்களின் வளர்ச்சியில் இத்தகைய ஈடு அல்லது பரஸ்பர சம்பந்தம் நிகழ்கிறது என்ற உண்மையைக் கவனித்த வர் ஜெர்மானிய மகாகவியும் விஞ்ஞானியுமான கோதே. உருமாற்றக் கொள்கையை வெளியிட்டதற்கு அவருக்கு விஞ்ஞானம் மிகவும் கடமைப்பட்டுள்ளது. உதாரணமாக ஈரு தட்டுப் பூக்களில் ஒரு கேசரம், அதாவது மேல் பக்கத்தில் உள்ளது, மறைந்தால் (வைப்பரின் பக்லாஸ் என்னும் பூவில் இதே கேசரம் மற்றவற்றை விடக் குட்டையாக உள்ளது படம் 82—2, கே.) அதற்குப் பதிலாக எந்த உறுப்பு தோன்று கிறது? இந்தக் கேசரம் மறைவதும் பூவின் மேல் உதடு பெரிதாக வளர்வதும் ஒருங்கே நிகழ்வதைக் காண்கிறோம். எனவே கேசரம் அல்லி வடிவ உறுப்பாக மாறி இரண்டு மேல் அல்லிகளுடனும் இணைந்து மேல் உதடாக உருவா கிறது என நாம் கருதலாம். இதில் வியப்புறுவதற்கு ஒன்று மில்லை. ஏனென்றால் கேசரம் அல்லியாக மாறுவதும், பூவில் உள்ள உறுப்புக்கள் ஒன்றாக இணைவதும் சாதாரண நிகழ்ச்சி கள். இரண்டு உதடுகள் உள்ள அல்லிவட்டம் நன்கு வளராத புதினப் பூவில் ஐந்தாவது கேசரமும் சில வேளைகளில் காணப்படுவது உண்டு. இந்த உண்மையும் மேற்கூறிய விவரத்தை நிரூபிக்கிறது. வேறு தாவரங்களின் உதாரணம் இதை இன்னும் நிச்சயமாக உறுதிப்படுத்தும். கத்திரிக் குடும்பமும் (உதாரணம் உருளைக் கிழங்கு) ஸ்குரோபுலாரிசியே குடும்பமும் (உதாரணம் ரெட்ராட்டில், பாக்ஸ்குளோவ்) போராஜினியே, ஈருதட்டின ஆகிய குடும்பங்களையே போன்று ஒன்றுடன் ஒன்று இணைக்கப்பட்டுள்ளன. கத்திரிக் குடும் பத்தில் ஒழுங்கான பூக்கள் உள்ளன. அவற்றில் ஐந்து கேசரங் கள் உள்ளன. ஸ்குரோபுலாரிசியே குடும்பத்தில் இரண்டு உதடுகளுள்ள பூக்கள் உள்ளன, இவற்றில் நான்கு கேசரங் கள் உள்ளன. இருப்பினும், இங்கே, சிறப்பாக பிக்வொர்ட் பூவில், எல்லாவற்றுக்கும் மேல் உள்ள ஐந்தாவது கேசரம்

அல்லியாக மாறி மேல் புறத்தில் உள்ள இரு அல்லிகளுடன் இணைந்துள்ளது என்பது மிகத் தெளிவாகத் தெரிகிறது (படம் 82—3, கே.).

இப்பொழுது ஐந்து கேசரங்களை உடைய ஒழுங்கான நிஸபூத்கரீப் பூ பெரும்பாலான துளசிக்குடும்பச் செடிகளுக்கு இயல்பான நான்கு கேசரங்களைப் பெற்றுள்ள ஈருதட்டுப் பூவாக எவ்வாறு படிப்படியாக மாற முடியும் என்பதை நாம் விளக்க முடியும். சேஜ் பூவிற்கு இரண்டு கேசரங்கள் மட்டுமே உள்ளன. இதில் உள்ள மற்ற இரண்டு கேசரங்கள் என்னவாயின? இந்தப் பூவின் அல்லிவட்டக் குழலை நீளப் போக்கில் வெட்டி இதை நாம் பரிசோதித்தால், முழு வளர்ச்சி பெற்ற கேசரங்களுக்கு சற்று மேலாக, குன்றிப்போன இரண்டு மிகச் சிறு கேசரங்களைக் காணலாம். இந்தக் குன்றிய கேசரங்கள், துளசிக் குடும்பப்பூவில் சிறு கேசரங்கள் இருந்த அதே இடங்களில் இருக்கின்றன (படம் 71, படம் 82—5, *n*,*n*). கோதேயின் கொள்கைப்படி, இந்த இரண்டு கேசரங்களும், குன்றிய கேசரங்களைச் சுவீகரித்துக்கொண்டு அளவில் பெரியவையாகியுள்ளவை. இவ்வாறு இவை நமக்குப் பரிச்சயமான தனிப்பட்ட கட்டமைப்பைப் பெற்றுள்ளன (படம் 71). இவ்விரு கேசரங்களின் வடிவத்தில் உள்ள இந்தச் சிறப்புப் பண்பு, வெவ்வேறு வகைப்பட்ட சேஜ் செடிகளில் வெவ்வேறு அளவுகளில் சிக்கலைத் தோற்றுவிக்கின்றது. இந்தத் தனித்தன்மை திடீரென அல்ல, படிப்படியாகவே தோன்றியது என்பதை இது நிரூபிக்கிறது. இந்த இடைநிலை வடிவங்களை வர்ணிக்க நீண்ட நேரமும் ஆகும், இதற்கு நிறைய வரிப் படங்களும் வேண்டும்.[1] இது போன்ற வாதங்களின் மூலம்,

---

[1] பூவைப் பற்றிக் கூறும் பொழுது, இந்தச் சிக்கலான கேசர உபகரணத்தின் முழு வேலையும் பூச்சிகள் வாயிலாக அயல் கருவுறலுக்கு உதவுதலே ஆகும் என்ற முடிவை வெளியிட்டோம். பூக்களிடையே பால் வேறுபாடு இருந்தால், அதாவது சில பூக்களில் சூலகங்களும் வேறு சில பூக்களில் கேசரங்களும் இருந்தால் இவ்வகை அயல் கருவுறல் இன்னும் செவ்வையாக நடைபெறும் என்பது வெளிப்படை. அவ்வாருயின், படிப்படியாக வளர்ந்த சிக்கல் நிறைந்த இக்கேசர உபகரணம் பெண் பூக்களில் பயனற்றதாகிவிடும். உண்மையில் வயல்களில் வளரும் சேஜ் போன்ற வேறு பல

மற்ருெரு விசித்திரமான பூவான ஆர்க்கிடு ஆம்பல் போன்ற ஒழுங்கான பூவிலிருந்து தோன்றியிருக்க முடியும் என்று நாம் நிரூபித்துக் காட்ட முடியும். இயற்கை உருவ இயலிலும் தாவரங்களின் ஒப்பு நோக்கு உடலமைப்பியலிலும் இது போன்ற எண்ணற்ற உதாரணங்களைக் காணலாம்.* அவற்றில் இதுபோன்ற உதாரணங்கள் தாம் முழுக்க முழுக்க இருக்கின்றன என்றே நாம் கூறலாம்.

இவ்விதமாக, ஒரே தாவரத்தில் உள்ள பல்வேறு உறுப்புகள் புலப்படா இடைமாற்றத் தொடர் மூலம் ஒன்றிலிருந்து ஒன்று தோன்றியுள்ளன என்று உருமாற்றக் கொள்கை விளக்குகிறது. இதே போன்று பல்வேறு தாவரங்களில் உள்ள ஒரே தன்மை வாய்ந்த உறுப்புக்களின் உடலமைப்பு பற்றிய ஆராய்ச்சியிலிருந்து ஒரு தாவர வடிவம் மற்ருென்றிலிருந்து தோன்றியிருக்க முடியும் என்ற இதே முடிவைத் தான் நாம் பெறுகிறோம். ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் நமக்கு எதிர்ப்படும் தொடக்க நிலையில் உள்ள அல்லது சீரழிந்த உறுப்புகள், ஒன்ருேடொன்று ஒவ்வாத வடிவங்களுக்கிடையே படிப்படியான இடைமாற்றம் நிலவுவதைக் குறிக்கும் உறுப்புக்கள் என்ன பயனுள்ளவை என்று நாம் வேறு எந்த வகையில் விளக்க முடியும்?

முளைக்கரு நிலையில் உள்ள அங்கஜீவிகளைப்பற்றி ஆராயும் பொழுது இக்கருத்து இன்னும் தீர்மானமாக வலியுறுத்தப்படுகிறது. முழு வளர்ச்சி அடைந்த அங்கஜீவிகளில் புலப்படாது நழுவிவிடும் ஒற்றுமைகளும் ஒப்புமைகளும் அவற்றின் வளர்ச்சி பற்றிய வரலாற்றை ஆராய்ந்தால் தெளிவாகி விடுகின்றன என்று முளைக்கருவியலின் எல்லா விவரங்களும் சான்று பகர்கின்றன. உதாரணமாக விதைத்தூள் தாவரங்களுக்கும் விதைத் தாவரங்களுக்கும் இருப்பது

---

* சேஜ் பூக்களில், இரு பாற் பூக்கள் தவிர, பெண்பூக்களும் தனியாகக் காணப்படுகின்றன. உபயோகமற்றவை ஆகிவிட்ட இச்சிக்கலான உபகரணம் எவ்வாறு படிப்படியாகக் குன்றி விட்டது என்பதையும் தனது பரிணமத்தின் போக்கில் அது கடந்து வந்திருக்க வேண்டிய கட்டங்களை எல்லாம் எவ்வாறு அது தலைகீழ் வரிசையில் திரும்பக் கடந்திருக்கிறது என்பதையும் இம்மலர்களில் நாம் காண முடிகிறது.

போன்ற விரிவான அடிப்படை வேறுபாடு தாவர உலகில் வேறு எங்கும் காண முடியாது. இந்த இரு துணைப் பிரிவு களுக்கிடையே கடக்க முடியாத அகாதம் ஒன்று இருப்பது போன்று தோன்றுகிறது. இருப்பினும் ஹாப்மேய்ஸ்டர் என் பார் இதனையும் கடப்பதில் வெற்றி பெற்றுவிட்டார். உயர் நிலை விதைத்தூள் தாவரங்களின் வரலாற்றையும், தாழ்நிலை விதைத் தாவரங்களின் வரலாற்றையும் ஆராய்ந்ததில் இவ் விரண்டிற்கும் தொடர்பு இருக்கிறது என்று தெரிய வந்தது. மேலும், இதன்மூலம் மாறுதல் எந்த வழியில் நிகழ்ந்திருக்க வேண்டும் என்றும் தெரிய வந்தது. பெரணி போன்ற விதைத் தூள் செடிகளில் கருவுறல் இயங்கும் ஆண்பாலணுக்கள் மூலம் தான் நிகழுகிறது என்பதை நாம் பார்த்தோம், விதைச் செடிகளில் அது மகரந்தக் குழாய்களின் மூலம் நடைபெறு கிறது. ஆனால் சில குறிப்பிட்ட பூக்களின் மகரந்தக் குழாய்களி னுள் இயங்கும் ஆண்பாலணுக்கள் இருக்க வேண்டும் என்று ஹாப்மேய்ஸ்டர் தமது விரிவான ஆராய்ச்சிகளின் அடிப்படை யில் முன்னறிவித்தார். அவர் காலம் சென்று இருபது ஆண்டு களுக்குப் பின்பு அவரது முன்னறிவிப்பு சரியென்று நிரூபிக்கப் பட்டது. வானவியல், பௌதிகம், இரசாயனம் போன்ற துல் லியமான விஞ்ஞானங்களில் இது போன்ற முன்னறிவிப்புக்கள் இருந்ததாகப் பெருமையுடன் பேசப்படுகிறது. ஆனால் இயற் கை உருவ இயல் துறையில் ஹாப்மேய்ஸ்டரின் முன்னறிவிப்பு மிகச் சிறந்ததாகும்.[1] தாவர உலகின் இரு பிரிவுகளுக்கும் இணைப்பாக ஊசியிலை மரங்களின் பிரிவான திறந்தவிதைத் தாவரங்கள் விளங்குகின்றன. இந்தக் குழுவைச் சார்ந்த ஒரு சில தாவரங்களில் தான் இயங்கும் ஆண்பாலணுக்கள் கண்டு பிடிக்கப்பட்டன. இந்தக் குழுக்கள் தோன்றிய காலக்கிரமம் இத்தகையதே என்று, வரலாற்றின் வளர்ச்சி குறித்த இந்த அனுமான முடிவுடன் எவ்விதத் தொடர்பும் இன்றி இதற்கு வெகு முன்னரே புவி இயல் காட்டிவிட்டது என்பதை நாம்

---

[1] இவ்விஷயத்தைப் பற்றி விரிவாக எழுதியுள்ள புத்தகத்தில் பேராசிரியர் பரதீன் இந்தப் பிரபலமான விஞ் ஞானியின் பெயரைக்கூடக் குறிப்பிடாமல் இருந்தது வியப் பிற்குரியது (''தாவர உலகில் கருவுறல் செயல்முறை'').

ஏற்கனவே பார்த்தோம்.[1] உடலியல் ரீதியாகத் தாவரங் களுக்கும் விலங்குகளுக்கும் வேறுபாடு காட்ட முடியாது என்று கடந்த விரிவுரையில் நாம் கண்ட ஒரு முடிவைத் தற்பொழுது நினைவுபடுத்திக்கொள்வோம். எல்லா வகை அங்கஜீவியினதும் ஆரம்பம் — அது உயிரணுவோ அல்லது வெறும் புரோட்டோபிளாசத் தொகுப்போ எதுவாயினும் — எல்லா உயிர்களிலும் ஒரே மாதிரியானது என்பதை ஞாபகப் படுத்திக்கொள்வோம். அங்கக உலகின் ஒருமையை, பூமியில் வாழ்பவை யாவற்றிற்கும் இடையே உள்ள உறவை, நேர்த் தொடர்பை நாம் கட்டாயமாக ஒப்புக்கொள்வோம்.

உயிரியலின் பல்வேறு துறைகளிலிருந்தும்இம்முடிவிற்குச் சாதகமான பல தரப்பட்ட ஆதாரங்கள் கிடைத்துள்ளன. இருப்பினும், இதற்கு எதிர்ப்பு இருந்தது, தற்காலத்திலும் கூட இருக்கிறது என்பது விந்தையாகவும் விளங்காததாகவுங் கூடத் தோன்றலாம்.

விஞ்ஞானிகளிடையே இதற்குரிய கருத்து வேறுபாடு கள் தோன்றியது எப்படி என்பதை விளக்க வேண்டுமானுல், சற்று நேரம் நாம் சில விஞ்ஞான நுட்பங்களை விவரிக்க வேண் டும். இந்த விவரங்கள் சற்று அலுப்புத் தருபவையாகத் தான் இருக்கும். ஆனுல் இவை இல்லாமல் இந்த விவாதத்தின் காரணத்தை நாம் புரிந்துகொள்ள முடியாது. அங்கக உலகு பற்றி ஆராய்ச்சி நிகழ்த்துபவர், அங்கஜீவிகள் பல்வேறு அளவுகளில் பரஸ்பரப் **பண்பு உறவு** கொண்டுள்ளன என்ற முடிவிற்கு வருகிருர். அங்கஜீவிகளை வரிசைப்படுத்தி வருணிப்பதற்கு அவற்றிற்கிடையே உள்ள இந்த உறவின் அளவையும் தெரிவிக்க இவை யாவும் குழுக்களாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. அவற்றுக்கிடையே நிலவும் உறவின் அளவைக்காட்டும்சிறப்புச்சொற்களால் குறிக்கப்படுகின்றன. குடும்பம், ஜாதி போன்றவை இத்தகைய சொற்களே.

---

[1] பிரபல ஆங்கிலத் தாவரவியல் அறிஞர் பேராசிரியர் டி. எச். ஸ்காட் என்பவர் அண்மையில் செய்துள்ள ஒரு கண்டுபிடிப்பு, பெரணிகளுக்கும் இயங்கும் ஆண்பாலணுக் கள் காணப்பட்ட திறந்தவிதைத் தாவரங்களுக்கும் இடையே உள்ள தொடர்பைத் தொல்லுயிரியல் நோக்கிலும் நிரூபித் திருக்கிறது. இது ஹாப்மேய்ஸ்டருக்குப் புதிய வெற்றி.

எல்லாவற்றிலும் சிறிய எந்தக் குழுவில் வடிவங்கள் ஒன்றை யொன்று மிக அதிகமாக ஒத்திருக்கின்றனவோ, எந்தக் குழு, ஒரு வகையில் சொன்னால், மற்றக் குழுக்கள் உரு ஆவதற் குரிய கூட்டு அலகாக விளங்குகிறதோ, அதை லின்னேயஸ் இனம் என்று அழைத்தார். பல இனங்கள் சேர்ந்து ஒரு ஜாதி ஆகின்றன, பல ஜாதிகள் சேர்ந்து குடும்பத்தை உருவாக்கு கின்றன. உதாரணமாக வயலெட், மூவர்ண பான்ஸிப் பூ ஆகிய இரு இனங்களும் லின்னேயஸ் கருத்துப்படி *Viola* என்ற ஜாதியைச் சேர்ந்தவை; கறுப்பு பாப்லர் மரமும் வெள்ளை பாப்லர் மரமும் *Alnus* என்ற ஜாதி யைச் சேர்ந்த இரண்டு இனங்கள். குதிரையும் கழுதையும் *Equus* என்ற ஜாதியைச் சார்ந்தவை; ஓநாயும் நாயும் *Canis* என்ற ஜாதியைச் சார்ந்தவை, இவ்வாறே பிறவும். இனங்கள் என்ற குழுக்கள் வரையறுக்கப்பட்டது விஞ்ஞானத் தில் மாபெரும் முன்னேற்றத்தைக் குறித்தது. இதனால் அங்கஜீவிகளின் கண்டிப்பான, முறைப்படி அமைந்த பாகு பாடு சாத்தியமாயிற்று. ஆனால் தங்கள் முறையின் இந்தக் கூட்டலகை, அதாவது இனத்தை, நிலைநாட்டிய பின்பு பாகு பாட்டியலார் (லின்னேயஸை விட அதிகமாக அவரைப் பின் பற்றுவோர்) இனம் இடத்திலோ காலத்திலோ மாறாத் தன்மை பெற்றது என்று கூறினர். அவர்கள் மேலும் கூறிய தாவது: இனங்கள் தற்காலத்தில் எப்படி இருக்கின்றனவோ அப்படியே பழங்காலத்தில் இருந்தன, வருங்காலத்திலும் கூட அவ்வாறே இருக்கும். ஒரு இனம் மற்றொரு இனமாக மாறுவது என்பது முற்றிலும் நடைபெறாத செயல். எனவே அங்கஜீவிகள் ஒரே மூலத்திலிருந்து தோன்றியவை என்பது ஒப்புக்கொள்ளத் தக்க விஷயமல்ல. இது வரைக்கும் உரு மாற்றக் கொள்கை, ஒப்புநோக்கு உடலமைப்பியல், மூளைக் கருவியல், தொல்லுயிரியல் போன்ற விஞ்ஞானப் பிரிவுகளால் சேகரிக்கப்பட்ட விவரங்களை ஆராய்ந்தோம். இவை ஒரு குடும்பத்தைச் சேர்ந்த வடிவங்கள் மற்றொரு குடும்பத்தைச் சேர்ந்த வடிவங்களாக மாற முடியும் என்பதையும் (உதாரணம் போராஜினியே ஈருதட்டினவாக மாறுதல்), விதைத்தூள் தாவரம், விதைத் தாவரமாக மாற இடமுண்டு என்பதையும், விலங்கு உலகிற்கும், தாவர உலகிற்கும் இடை

யே பிரிவுக் கோடு எதையும் காண்பது அசாத்தியம் என் பதையும் இத்தகைய பிற விஷயங்களையும் சான்றுடன் நிரூபிக் கின்றன. ஆனல் மிக நெருங்கிய உறவு உள்ளவற்றில், ஒரே ஜாதியைச் சேர்ந்த இனங்களில் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்ருக மாறுவது அசாத்தியம் என்ருல் மேலே கூறிய விவரங்களுக்கு என்ன பொருள் இருக்க முடியும்? வயலெட் பூவும் மூவர்ண பான்ஸிப் பூவும் ஒன்றிலிருந்து ஒன்று எப்போதுமே மிக வேறு பட்டு இருக்கின்றன என்றும் அவற்ருல் மாற இயலாது என்றும்வைத்துக்கொள்வோம். இவற்றுக்குள்ளேமாறுதல்கள் நிகழ முடியாது என்றும் வைத்துக்கொள்வோம். இனங்கள் நிரந்தரமானவை என்ருல், ஒரு குடும்பம் மற்றொரு குடும்ப மாக மாறுவது, தாவர உலகின் ஒரு பிரிவிலிருந்து மற்றொரு பிரிவாக மாறுவது அதே போலத் தாவர உலகிலிருந்து விலங்கு உலகாக மாறுவது போன்றவை பற்றிய கருத்தெல்லாம் அர்த்தமற்றவைதானே? எனவே அங்கக உயிர்களின் பொதுத் தோற்றம் பற்றிய பிரச்சினை (எனவே, இதற்கு முன்பு நாம் கண்டதுபோல, இன்னும் விரிவான, அவற்றின் செவ் வைப்பாட்டின் காரணம் பற்றிய பிரச்சினை), இனங்களின் மாறுபடும் தன்மை அல்லது, மேலும் பொதுவாகச் சொன்னல், இனங்களின் தோற்றம் பற்றிய பிரச்சினையுடன் நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டது என்று தெரிகிறது. இயற்கை விஞ்ஞானத்தில் மாபெரும் புரட்சியை ஏற்படுத்திய டார்வினுடைய புத்தகத்திற்கு இதனல்தான் இத்தகைய வறண்ட, விஞ்ஞான நுட்பத் தலைப்பு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

இயற்கையை ஆராய்பவர்களில் பெரும்பான்மையோர் இனங்கள் நிரந்தரமானவை என இடைவிடாது வலியுறுத்திக் கூறினர். இது உண்மை தானு? முதற்கண், இயற்கையில் முழு வதும் ஒத்த அமைப்புள்ள இரண்டு வடிவங்களைக் காண முடியாது என்பது நமக்குத் தெரியும்: ஒரே பழத்தில் உள்ள விதைகளிலிருந்து வளரும் தாவரங்கள் வேறுபடுகின்றன. எனவே முழுக்க முழுக்க ஒரே மாதிரியாயிருப்பது என்ற கேள் விக்கே இடமில்லை. இக்கருத்தை யாருமே தெரிவிக்கவுமில்லை. மேலும் நமக்கு மற்றொரு விஷயமும் நன்ருகத் தெரியும். அதாவது ஒரு இனத்திற்குள்ளேயும் ஒன்றையொன்று அதிக நெருக்கமாக ஒத்துள்ள உயிர்களின் மேலும் குறுகிய குழுக்

கள் இருக்கலாம். இதனுல், இவ்வாறு உயர் வரிசையைச் சேர்ந்த குழுக்களுக்கு அலகாக விளங்கும் இனம், தானே தாழ் வரிசை அலகுகளாகப் பிரிந்துவிடுகிறது. நாய்களில் வெவ் வேறு ரகங்கள் உள்ளன, எத்தனையோ வகைக் கோதுமைகள் உள்ளன, தோட்டக்காரர்களின் பட்டியல்களில் வருடந் தோறும் எத்தனை விதவிதமான பூக்கள் தோன்றுகின்றன என்பதெல்லாம் நம் எல்லோருக்கும் தெரியும். இனங்களின் புகழ்பெற்ற நிரந்தரத் தன்மை எங்கேதான் இருக்கிறது? இக்கொள்கையை ஆதரிப்பவர்கள் தரும் விடை இதுதான்: ''ஒரு குறிப்பிட்ட இனத்தின் வரம்புகளுக்குள் மாறுதல்கள் நிகழலாம் என்பது உண்மையே. ஆனுல் இந்த மாறுதல்களின் வீச்சு குறைவானது தான். வகைகளுக்கிடையே உள்ள வித்தியாசத்தின் அளவு இனங்களுக்கிடையே உள்ளதுபோல அவ்வளவு அதிகமாக ஒருபோதும் இருக்க முடியாது.'' வேறு வார்த்தைகளில் சொன்னுல், வகைகள் எந்த மாறுதல்களால் உருவாகின்றனவோ அவற்ருல் புதிய இனங்கள் உருவாக முடியாது. எனவே இனம் நிரந்தரமானது என்ற பிரச்சினை மாறுதல்களின் வரம்புகளை, அல்லது பொதுவாகவே வகை களின் பொருளைப் பற்றிய பிரச்சினை ஆகிவிடுகிறது. இனத் துக்கும் வகைக்கும் வித்தியாசம் இருப்பதாக இவ்வளவு தீர்மானமாக அழுத்திக் கூறிய பின்பு இனங்களின் மாருத் தன்மையை ஆதரிப்பவர்கள் இவ்விரு சொற்களுக்கும் திட்ட வட்டமான வரையறை தருவார்கள் என எதிர்பார்க்கலாம். ஒரே இனத்தைச் சேர்ந்த இரண்டு வகைகளைப் பற்றி எப் பொழுது ஆராய்கிருேம், இரு தனிப்பட்ட இனங்களைப் பற்றி எப்பொழுது ஆராய்கிருேம் என்று நாம் அறிந்துகொள்வதற்கு உதவும் திட்டமான அளவுகோல் ஒன்று தருவார்கள் என எண்ணலாம். ஆனுல் அவர்கள் இது போன்ற எதையும் தர வில்லை, அவர்களால் தரவும் முடியாது. ஏனென்ருல் இவ்விரு சொற்களும் வரையறைக்கு அப்பாற்பட்டவை. இதன் காரணம் என்ன என்பதை நாம் விரைவில் காண்போம். ஒரு இனத்திலிருந்து மற்ெருரு இனம் தோன்ற முடியாது என்பது இனங்களின் மாற முடியாமைக் கொள்கையை வலியுறுத்து பவர்கள் முன்னதாக ஏற்படுத்திக் கொண்டுவிட்ட கருத்து. இக்கருத்தை ஆதாரமாகக் கொண்டு, அவர்கள் பொதுவாக

ஒரு விதியைப் பின்பற்றுகின்றனர். அதன்படி, இடைநிலை வடிவங்களால் தொடர்பு கொண்ட இரு வடிவங்கள், தமக்குள் எவ்வளவுதான் வேறாக இருந்தாலும் சரியே, அவற்றைத் தனித்தனி இனங்கள் என்று ஒப்புக்கொள்ள முடியாது. ஆனால் இக்கொள்கையை எதிர்ப்பவர்கள் இதே விதியைப் பயன்படுத்தி, இடைநிலை வடிவங்கள் பெற்றுள்ள வெவ்வேறு இனங்களைச் சுட்டிக்காட்டுகிறார்கள். ''அப்படியானால் நாங்கள் தவறுதலாக விஷயத்தைப் புரிந்துகொண்டோம் என்று தெரிகிறது. சாராம்சத்தில் எது வகையோ அதை இனம் எனக் கருதிவிட்டோம்'' இப்படி வட்டத்தில் சுற்றிச் சுற்றி வருவதால் அவர்கள் தோற்காததுபோலப் பாவனை செய்ய முடிகிறது போலும். இனங்கள் மாறாதவை என்று கூறிய பின்பு, இனத்திற்கும், வகைக்கும் வேறுபாடு காட்டும் நிச்சய அடையாளம் எதுவும் இல்லாமையால் மாறுபடும் ஒவ்வொரு வடிவத்திற்கும் வகை என்ற பெயரை அவர்கள் அளிக்கலாம். இவர்கள் ஏதேனும் நிச்சயமான உடலியல் பண்பின் அடிப்படையில் இனத்திற்கும் வகைக்கும் வேறுபாடு காட்டலாம் என்று நம்பிய காலம் ஒன்றுண்டு. ஒரே இனத்தில் உள்ள எல்லா வகைகளும், அவற்றுக்குள் எவ்வளவு வேறுபாடு இருந்தாலும், இணைந்து கலப்பினங்களைத் தோற்றுவிக்க முடியும் என்றும், இக்கலப்பினங்களுக்கு மேற்கொண்டு இனவிருத்தி செய்யும் தன்மை இருக்கும் என்றும் கருதப்பட்டது. மாறாக வெவ்வேறு இனங்கள் கலப்பினங்களைத் தோற்றுவிக்க முடியாது என்றும் அவ்வாறே கலப்பினங்கள் தோன்றினாலும் அந்தக் கலப்பினங்கள் மலடாகவே இருக்கும் என்றும் நம்பப்பட்டது. இயற்கை ஒரு நிச்சயமான நோக்கத்துடனேயே இனங்களுக்கு மாறாத் தன்மை அளித்துள்ளது; சில குறிப்பிட்ட இன வடிவங்களை உற்பத்தி செய்த பின்பு, இயற்கை அவை கலப்பினங்களை உருவாக்குவதனால் மாறுவது சாத்தியமாகாதபடி தடுப்பதன் வாயிலாக, அவ்வடிவங்களை நிரந்தமாக மாறாநிலையில் வைக்க முயன்றுள்ளது என்றும் அனுமானிக்கப்பட்டது. கருவுறலைப் பற்றி ஆராய்ந்த பொழுது மாறாத் தன்மையைப் பற்றிய கருத்தை நிச்சயமாக மறுக்கும் எண்ணற்ற விவரங்களை வெளியிட்டோம். இதில் ஒன்று பின்வருமாறு: ஒரே

தாவரத்தில் அதன் சொந்த மகரந்தத்தூளால் அல்லது அதே வகைத் தாவரத்தின் மகரந்தத்தூளால் நடைபெறும் கருவுறல் அதிலிருந்து வேறுபட்ட பிற தாவரத்தின் மகரந்தத் தூளால் நடைபெறும் கருவுறலேவிடச் சில வேளைகளில் குறைவான விளைவு உள்ளதாயிருக்கிறது என்பதை நாம் பார்த்தோம். ஒரே இனத்தைச் சேர்ந்த தாவரத்தின் மகரந்தத் தூளால் ஏற்படும் கருவுறலேவிட வேறு இனத்தைச் சேர்ந்த தாவரத்தின் மகரந்தத் தூளால் நிகழும் கருவுறல் சில சமயங்களில் அதிகப் பயன் விளைக்கிறது என்பதைக் கூட நாம் கண்டோம்.[1] வகைகளிலிருந்து இனத்தை வேறுபடுத்த வேறு எந்த நிச்சயமான அளவுகோலும் இல்லை என்று உணர்ந்த பின்பு, இக்கொள்கையை ஆதரிக்கிறவர்கள், இப்பிரச்சினைக்கு முடிவு காண ஆராய்ச்சியாளர்கள் ''இயற்கையுணர்வை'' வழிகாட்டியாகக் கொள்ள வேண்டும் என்று விருப்பத்துடன் வாதிக்கின்றனர். ஆனால் ''இயற்கையுணர்வு'' என்ற இந்தப் பிரசித்தமான சொல் எவ்வளவு நம்பகமற்றது என்பதைப் பின்வரும் உதாரணங்கள் காட்டுகின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட ஜாதியில் ஒரு சில இனங்கள் மட்டுமே இருந்தால், தாவரவியல் அறிஞர்கள் அவற்றின் எண்ணிக்கையைப் பற்றி ஒரே கருத்து கொள்கின்றனர். ஆனால் ஒரு ஜாதியில் உதாரணமாக நான்கு இனங்களுக்கு மேல் இருந்தால் அவர்களுக்குள் கருத்து வேற்றுமை தொடங்கிவிடுகிறது. இந்தக் கருத்து வேற்றுமை அவர்களை எவ்வளவு தூரத்துக்குக் கொண்டு செல்கிறது என்பதற்குக் கீழ்கண்ட விஷயம் சான்று: *Hieracium* என்ற ஜாதியில் இருபது இனங்கள் இருப்பதாகச் சில தாவரவியலாரும் முன்னூறு இனங்கள் இருப்பதாக வேறு சிலரும் கருதுகிறார்கள். பிளாக் பெரி, வில்லோ போன்ற வேறு பல தாவரங்கள் விஷயத்திலும் இதே கருத்து வேறுபாடு நிலவுகிறது. சில தாவரவியல் அறிஞர்களால் இனமாகக் கருதப்படும் தாவரங்களை மற்றவர்கள் வகை என்று

[1] இந்தப் பிரச்சினையையும் பொதுவாக டார்வின் கொள்கையையும் பற்றி இன்னும் விரிவாக அறிந்துகொள்ள விரும்பும் வாசகர்கள் ''சார்லஸ் டார்வினும் அவரது போதனையும்'' என்ற எனது நூலில் அதன் எளிதில் விளங்கும் வரையறுப்பைக் காண்பார்கள்.

கருதுகிறார்கள். இம்முரண்பாடு காரணமாகத்தான் பாகுபாட்டியலாளர் நன்கு தெரிந்த இனத்திலிருந்து சந்தேகத்திற்கு இடமான இனத்தை வேறுபடுத்த, **நல்ல இனம்** என்ற சொல்லைப் பயன்படுத்துகின்றனர். இது போன்ற பலதரப்பட்ட முரண்பாடுகள் இருப்பதினால் இனம், வகை ஆகியவற்றிற்குள்ளே நிச்சயமான பிரிவுக்கோடு வரைவது கடினம் என்ற முடிவிற்கு நாம் வர வேண்டியிருக்கும். மேலும் இது போன்ற கருத்துக்களை எதார்த்தத்துக்கு எப்போதும் தவறின்றிப் பயன்படுத்துவது சாத்தியமாகாது. நிற்க, தாவரங்களையும் விலங்குகளையும் பற்றிக் கூறும் பொழுது தர்க்க வழு இருப்பதைக் கண்டோம். அதே போன்று இங்கும் அவ்வழு இருப்பது போல் தோன்றுகிறது. இனமோ வகையோ பண்பு அடிப்படையில் வேறுபாடுகள் உள்ள இரண்டு வெவ்வேறு பிரிவுகளாக இயற்கையில் நிலவவே இல்லை போலும். ஒரு வேளை அவை சில மாதிரிக் கற்பனைகளாக, நமது மனதின் படைப்பாக மட்டுமே இருக்கலாம். இதை ஒரு உதாரணத்தின் மூலம் நாம் விளக்கிக் கூற முயல்வோம். குழந்தைக்கும் வயது வந்த மனிதனுக்கும் உள்ள வேறுபாடு நமக்குத் தெரியும். மேலும் நாம் குழந்தைகளையும் வயதுவந்தவர்களையும் இளைஞர்களையும் முதிர்ந்தவர்களையும் கிழவர்களையும் வேறுபடுத்தி அறிகிறோம். இக்கருத்துக்கள் யாவும் நடைமுறைக்கு முற்றிலும் பொருத்தமானவை. அவ்வாறு இல்லாவிட்டால் இவை நமது மனதில் தோன்றியே இருக்கா. ஆனால் இக்கருத்துக்களை எல்லா உதாரணங்களிலும் பயன்படுத்த வேண்டும் என்பது கட்டாயமல்ல. ஒவ்வொரு தடவையும், நம் முன்பு இருப்பது வயது வந்தவனா அல்லது இளைஞனா, முதிர்ந்தவனா அல்லது கிழவனா என்பன போன்ற கேள்விகள் ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் விடை காணப்பட வேண்டும் என்று வலியுறுத்த எவனும் எண்ணவே மாட்டான். ஆனால் **சந்தேகத்திற்குரிய** இனத்தை இனம் எனக் கருதுவதா அல்லது வகை எனக் கருதுவதா என்று தீர்மானிக்கும் பொழுது, பாகுபாட்டியலார் இவ்விதமான பிரச்சினைகளையே சமாளிக்க வேண்டியிருக்கிறது. இனத்திற்கும் வகைக்கும் உள்ள வேறுபாடுகள் பல உதாரணங்களில் தெளிவாகத் தெரிகின்றன. ஆனால் அவை முற்றிலும் வேறுபட்ட இரண்டு பிரிவுகள் என்று இதிலிருந்து

ஜீவிகளின் விஷயத்தில் இதை நிரூபித்துக் காட்ட முடியாது. ஏனென்றால் அவற்றை நாம் போதிய அளவு நீண்ட காலத் திற்கு உற்று நோக்க முடியாது. இந்தப் பிரச்சினைக்குத் தீர்வு காண்பது, இன்னும் பெருத்த இடர்கள் உள்ளதாக இருப் பினும், நாம் பயிரிடும் தாவரங்கள், வளர்ப்புப் பிராணிகள் ஆகியவற்றின் விஷயத்தில் ஓரளவு எளிதாகி வருகிறது. ஏனெனில் இவற்றைப் பற்றிய வரலாற்று ரீதியான விவரங் கள் நிலவுகின்றன. நமக்குரிய சிக்கல் என்னவென்றால், ஒன்றி லிருந்து ஒன்று முற்றிலும் வேறான பல விதமான பிராணி களும் தாவரங்களும் ஒரே இனத்திலிருந்துதான் தோன்றின என்று நிரூபிப்பதே. இதைச் சில உதாரணங்களில் முழுமையாக நிரூபிப்பதில் டார்வின் வெற்றி கண்டார். முக் கியமாக அவர் புறாக்களின் வகைகளில் இதை நிரூபித்தார். தற்காலத்தில் உள்ள வளர்ப்புப் புறாக்கள் அவற்றின் இயற் கையான சூழ்நிலையில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருந்தால் தனித் தனி இனங்களாக மட்டும் அல்ல, வெவ்வேறு ஜாதிகளாகக் கூடப் பாகுபாடு செய்யப்பட்டிருக்கும்—அந்த அளவிற்கு அவை ஒன்றிலிருந்து ஒன்று வேறுபட்டிருக்கின்றன—எனினும் அவை உண்மையில் ஒரே புறாவிலிருந்து தோன்றியவை தாம் என்று டார்வின் நிரூபித்தார்.

இனங்களின் நிலைப்புத் தன்மை பற்றிய கற்பிதக் கொள் கையை ஆதரிப்பவர்களிடம் இன்னுமொரு வாதம் சேமிப்பில் இருக்கிறது, இது முக்கியமான வாதமும் கூட. இனங்கள் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்று தோன்றின என்று ஒப்புக் கொள்வோம். அப்படியானால் அவற்றிற்கு இடையே நிலவி யிருக்க வேண்டிய நுண்ணிய இடைநிலை வடிவங்கள் இல் லாமைக்கு நாம் என்ன காரணம் காட்ட முடியும்? அவை ஏன் மறைந்துவிட்டன? ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்று முற்றிலும் வேறுபட்ட உயிரினக் குழுக்களாக இனங்கள் பொதுவாக விளங்குவதேன்? இனங்களுக்குள்ளே இடைநிலை வடிவங்கள் இல்லை என்ற விவரமே சந்தேகத்திற்குரியது என்பதை இந்தச் சந்தர்ப்பத்தில் நினைவுபடுத்திக் கொள்வோம். ஏனென்றால், நாம் முன்பு கண்டபடி, இரு இனங்களுக்கிடையே இம் மாதிரி இடைநிலை வெளிப்படும் போதெல்லாம் இனங்களின் நிலைப்புத் தன்மை பற்றிய கொள்கையை ஆதரிப்பவர்கள்,

அப்படியானால் இவை இனங்கள் அல்ல என்று ஆகிறது என்கின்றனர். இருப்பினும் மிகப் பெரும்பாலான உதாரணங்களுக்கு இந்த வாதம் பொருத்தமாக இருக்கிறது. உண்மையில் **நல்ல** இனங்களை இணைக்கும் இடைநிலை வடிவங்கள் இல்லை. மாறுபாடுகள் மூலமாக இனங்களின் தோற்றத்தை நிரூபிப்பதற்காக முன்னர் செய்யப்பட்ட எல்லா முயற்சிகளுக்கும் இது பெரிய தடையாக இருந்தது. இந்த ஆணித்தரமான விவாதத்திற்கு முன்பு அம்முயற்சிகள் யாவுமே நிலை குலைந்துவிட்டன. மாறுபாடுகள் மூலமாக இனங்களின் தோற்றத்தைப் பற்றிய கொள்கையின் பிரதான அடிப்படைகளை நாம் ஆராய முற்படுகையில், டார்வினுடைய கொள்கை இவ்வாதத்தை எவ்வாறு அணுகுகிறது என்று காணலாம். இப்பொழுது ஒரு விஷயத்தை மட்டும் கூறி நிறுத்திக் கொள்வோம்: டார்வினின் கொள்கை தனது தற்காப்புக்குத் தனது எதிர்ப்பாளர்களின் ஆயுதங்களையே பிரயோகித்திருக்கிறது. இடைநிலை வடிவங்கள் இல்லாமைக்கு அது முழுமையாகக் காரணம் காட்டுகிறது. உண்மையில் இடைநிலை வடிவங்கள் நிலவுவதே இந்தக் கொள்கைக்கு எதிரான வலுத்த வாதமாக விளங்கியிருக்கும். டார்வின் கொள்கையின் சார ரீதியான பெருமை, இம்மாதிரியான மற்ற முயற்சிகளுக்கு முன் அதன் வலிமையும் மேம்பாடும் இதுவே.

* * *

அங்கக உலகிற்குச் சரித்திரம் இருக்கிறது என்ற உண்மையை மறுப்பவர்களுக்குப் பதிலளிக்க நாம், இது வரை வாதங்களை முன்வைத்து, நம்மால் இயன்றவரை முயன்றோம். உயிரியலின் பல்வேறு துறைகளிலிருந்து கிடைக்கும் விவரங்களின் மூலம், அங்கஜீவிகளுக்கிடையே உள்ள **பண்பு உறவு** அவற்றிற்கிடையே நிலவும் நெருங்கிய **பிறப்பு உறவு** காரணமாகத்தான் தோன்றுகிறது என்று நிரூபிக்க முயன்றோம். இந்தப் பண்பு உறவு இருப்பதை எல்லா இயற்கை ஆராய்ச்சியாளர்களும் ஒப்புக்கொள்கிறார்கள். எனவே அங்கஜீவிக்கு வம்சாவளி உண்டு, சரித்திரம் உண்டு. இப்பொழுது நமது பிரச்சினையின் இரண்டாவது பகுதிக்கு வருவோம். இந்தச் சரித்திரச் செயல்முறை அங்கஜீவிகளின் செவ்வைப்

பாட்டுக்குக் கட்டாயமாக இட்டுச் செல்கிறது என்று நாம் நிரூபிக்க வேண்டும். செவ்வைப்பாடு என்பது உறுப்பு அதன் செயலுக்கும் அங்கஜீவி அதன் சுற்றுப்புறத்திற்கும் பொருத்தமாக அமைவதைக் குறிக்கிறது. அங்கக உலகில் மிக எளிய அமைப்புள்ளவற்றிலிருந்து அதிகச் செவ்வைப்பாடுள்ளவை வரை எல்லாக் கட்டங்களிலும் உள்ள உயிர்கள் காணப் படுகின்றன என்பதையும் இந்தச் செவ்வைப்பாடு ஏற்படுவது அங்கஜீவிகள் பூமியில் தோன்றிய காலக்கிரமத்துக்குப் பொருத்தமாக இருக்கிறது என்பதையும் கண்ட பல இயற்கை ஆராய்ச்சியாளர்கள் அங்கக உலகு செவ்வைப்பாட்டை நோக்கி முன்னேறும் போக்கு உள்ளது என்பதற்கு இவ் விவரமே போதுமான சான்று என்றும் இந்தப் பண்பை மேற்கொண்டு விளக்க வேண்டிய அவசியமில்லை என்றும் கருதினர். வேறு சிலர் இதை இன்னும் சற்று அறிவுக்குப் பொருந்தும் படியாக விளக்க முற்பட்டனர், ஆனால் அவர்களுக்கு வெற்றி கிட்டவில்லை. அங்கக உலகின் படிப்படியான முன்னேற்ற வளர்ச்சி, பரிணமம், எவற்றின் விளைவாக உண்டாகிறதோ அந்த உடனடிக் காரணங்களை, இயற்கையின் மிகப் பொதுவான விதிகளை, டார்வின்தாம் முதன் முதலில் சுட்டிக் காட்டினார். முதல் பார்வைக்கு முரண்பாடு உள்ளதாகத் தோன்றும் முறை யொன்றை இதற்காக டார்வின் கையாண்டார். இம்முறையின் தர்க்க ரீதியான முக்கியத்துவத்தை டார்வினின் எதிர்ப்பாளர்கள் இன்றளவும் புரிந்துகொள்ளவில்லை, அல்லது இன்னும் சரியாகச் சொன்னால் எவ்வளவு விளக்கம் கொடுத்தாலும் புரிந்துகொள்ளவே மாட்டார்கள். அங்கக உலகில் நாம் காணும் செவ்வைப்பாடு சரித்திர பூர்வமான வளர்ச்சியின் மூலம் எவ்வாறு ஏற்பட்டது என்பதைக் கண்டறிவதற்கு இதே நோக்கத்தை மனிதன் எவ்வாறு அடைகிறான், தாவரங்களிலும் விலங்குகளிலும் செயற்கை வகைகளை மனிதன் எவ்வாறு மேம்படுத்துகிறான் என ஆராய்வதிலிருந்து டார்வின் தொடங்கினார். இந்த லட்சியத்தை அடைவதற்கு முக்கிய காரணமாக விளங்குவது தேர்வு ஆகும் என்ற முடிவிற்கு வந்தார். நாம் ஏற்கனவே பார்த்தது போல[1], தேர்வு என்பது ஒவ்வொரு தலைமுறையிலிருந்தும்

[1] விரிவுரை VIII ஐக் காணவும்.

லட்சியத்திற்குப் பொருந்தும் தன்மையுள்ள அங்கஜீவிகள் மட்டுமே தேர்ந்தெடுக்கப்படுவது ஆகும். யாவற்றிலும் எளிய, செவ்வையான வடிவில் இது பொருந்தாத எல்லாத் தனி உயிர்களையும் அழித்துவிடுவதாகும். உதாரணமாக, குறிப்பிட்ட தாவரம் ஒன்றில் தோட்டக்காரன் ஒரு புது வகையை உற்பத்தி செய்யவோ பாதுகாக்கவோ விரும்பினால், தன் ஆதர்சத்துக்கு ஒத்துவராத மற்ற எல்லாத் தாவரங்களையும் பிடுங்கி எறிந்து அழித்து விடுகிறான்.

டார்வின் இப்பொழுது மற்றொரு கேள்வியைக் கேட்கிறார்: இயற்கையும் செவ்வைப்பாட்டை நோக்கி இதே போன்ற தேர்வு முறையில் முன்னேறவில்லையா? இந்த வினாவை முழுமையாகக் கேட்பதற்கு முன்னரே இந்தக் கொள்கையின் எதிரிகளிடையிலிருந்து தருணத்துக்கு முந்திய வெற்றிக் குரல்கள் ஒலிக்கின்றன. பின்வருவன போன்ற மறுப்புக்கள் கிளப்பப்படுகின்றன: ''மனிதனது பகுத்தறிவார்ந்த விருப்பத்தால் இயக்கி நடத்தப்படும் செயல்முறைக்கும் இயற்கையின் கண்மூடித்தனமான சக்திகளின் செயலுக்கும் பொதுவான தன்மை ஏதேனும் இருக்க முடியுமா? அங்கக வடிவங்களின் தோற்றத்தை பௌதிக விதிகளின் அடிப்படையில் விளக்க நீங்கள் முற்படுகிறீர்கள். ஆனால் இயற்கை பகுத்தறிவுடன் செயல் புரிய வல்லது, இயற்கைக்குத் தேர்ந்தெடுக்கும் திறன் உள்ளது என்று பாவித்துக்கொண்டு அதை மூர்த்தீகரிப்பதிலிருந்து தொடங்குகிறீர்கள்.'' இது போன்ற வாதங்கள் வெறும் **சொற்களே**. இவற்றால் பதற்றம் அடையாமல், டார்வினது கருத்துக்களைப் புரிந்துகொள்ள நாம் **உண்மை விவரங்களை** ஆராய்வோம். முதன் முதலில் டார்வின் தன்னுணர்வற்ற தேர்வு எனத் தாம் குறிப்பிடும் உதாரணங்களை விவரிக்கிறார். நாகரிகமற்ற மக்கள் பஞ்ச காலங்களில் வீட்டு விலங்குகளில் சிலவற்றைக் கொல்ல வேண்டி வருகிறது. இயல்பாகவே அவர்கள் அவற்றில் மிகச் சிறந்தவற்றைப் பாதுகாக்கிறார்கள். இந்த முறையில் தாம் அறியாமலே அந்தக் குறிப்பிட்ட ஜாதியை அபிவிருத்தி செய்கிறார்கள். இவ்வாறு கொல்லுவதை அவர்கள் இஷ்டத்திற்கு விரோதமாகவே செய்கின்றனர், ஏனெனில் முடிந்திருந்தால்

அவர்கள் தரத்தில் குறைந்த பிராணிகளையுங்கூட விருப் புடன் காப்பாற்றியிருப்பார்கள். இது போன்று தனி விலங்கு களைத் தேர்ந்தெடுப்பதன் மூலம் காலப் போக்கில் அவர்கள் அந்த ஜாதியை அபிவிருத்தி செய்கிறார்கள் எனினும் அவர் கள் திட்டமிட்டு இவ்வேலையைச் செய்வதில்லை. குருட்டுத் தனமாக, தன்னுணர்வற்ற இயற்கைச் சக்தி போன்றே இதைச் செய்கின்றனர்.

இயற்கையிலும் இது போன்ற தன்னுணர்வற்ற தேர்வு நிகழ்கிறது என்று நாம் ஒப்புக்கொள்ள முடியுமா? இக்கேள்வி மிகவும் விந்தையாகப் படாதிருப்பதற்காக அதைச் சற்று வேறு விதமாகக் கேட்போம். இதை வேறு ஒரு கண்ணோட் டத்திலிருந்து நோக்குவோம். தேர்வுச் செயல்முறை என்பது, அதன் மிக எளிய வடிவில், திருப்தி தராத வடிவங்களை அழிப்பதில் அடங்கியுள்ளது என்பதை நாம் கண்டோம். ஆகையினால் இக்கேள்விக்குப் பதிலாக மற்றொரு கேள்வி யைக் கேட்கலாம். திருப்தி தராத வடிவங்கள் இயற்கையில் அழிக்கப்படுகின்றனவா? இது போன்ற அழிக்கும் செயல் முறை செவ்வைப்படுத்தும் செயல்முறைக்கு ஒப்பாகும். விஞ் ஞானத்திலிருந்து இதற்குச் சாதகமான பதில் கிடைக்கிறது: ஆம், இது போன்ற திருப்தி தராத வடிவங்கள் இயற்கை யில் பெருமளவிற்கு, ஈவிரக்கமற்ற கண்டிப்புடன் அழிக்கப் படுகின்றன. இந்நிகழ்ச்சி எல்லா அங்கக வடிவங்களுக்கும் பொதுவான ஒரு பண்பை அடிப்படையாகக் கொண்டது. அங்க ஜீவிகளின் இனவிருத்தி அவை பல்குவதுடன் எப்போ தும் தொடர்பு கொண்டது என்பதே இப்பண்பு. இந்த உண் மை எவ்விடத்திற்கும் பொருத்தமானது, நிரந்தரமானது ஆத லால் இவ்விரு சொற்களில் ஒன்றிற்குப் பதிலாக ஒன்று பெரும் பாலும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. பல்குதல் என்னும் சொல் இனவிருத்தி என்னும் சொல்லுக்குப் பதிலாகப் பயன்படுத் தப்படுகிறது. உண்மையில் தன் வாழ்நாளில் ஒரே ஒரு உயிரை மட்டும் தோற்றுவிக்கும் ஒரு அங்கஜீவியைக்கூட நாம் குறிப்பிட முடியாது. உண்மையில் பல்குதல் ஒன்று பத்து நூறாக விரைந்து அதிகரிக்கும் வடிவகணித ஏறுவரிசையில் நிகழ்கிறது. இந்த உண்மை மிக முக்கியமான விளைவுகள் கொண்டது. இவ்விளைவுகளின் உட்பொருளை முதன்முதலில்

மதிப்பிட்டவர் டார்வின்தாம். ஒரு குறிப்பிட்ட அங்கஜீவி சில ஆண்டுகளுக்குள் உற்பத்தி செய்யும் சந்ததிகளின் மொத்தத் தொகையை முயன்று கணக்கிட்டால்தான் அங்கக உயிர்கள் எவ்வளவு விரைவாகப் பல்குகின்றன என்பதை நாம் முழுமையாகப் புரிந்துகொள்ள முடியும். உதாரணமாக பத்து அல்லது பன்னிரண்டு வருட காலங்களுக்கு ஒரு டான்டிலியன் செடியின் எல்லாச் சந்ததிகளையும் பாதுகாத்து வைத்திருந்தால், நமது பூமியில் உள்ள நிலப்பரப்பு முழுவதையும் அவற்றால் மூடிவிடலாம். இருப்பினும் இச்செடி அவ்வளவு விரைவாக இனவிருத்தி செய்வது அல்ல. டார்வினது கருத்துப்படி, சாதாரண ஆர்க்கிட், அதாவது புள்ளிகளுள்ள ஆர்க்கிட், வருடத்திற்கு 1,80,000 விதைகளை உற்பத்தி செய்கிறது. இதன் ஒரு செடியின் மூன்றாவது தலைமுறைகூட, பூமி முழுவதையும் பச்சை விரிப்புப் போல மூடுவதற்குப் போதுமானது. ஆனால் இதுகூட இனப்பெருக்கம் செய்யும் திறனுக்கு ஒரு எல்லை இல்லை. சில ஆர்க்கிட்கள் கோடிக்கணக்கான விதைகளை உற்பத்தி செய்கின்றன. மேலும் பெரணி இலைகளின் அடிப்பக்கத்தில் உருவாகும் கண்ணுக்குத் தெரியாத தூசி போன்ற விதைத்தூள்களை நினைத்துக்கொள்வோம். இவற்றில் ஒவ்வொன்றும் ஒரு புதிய செடியை உற்பத்தி செய்ய முடியும்.

இது போன்று விதிவிலக்கின்றி அங்கஜீவிகள் யாவும் பெருந்தொகையாகப் பல்கிக்கொண்டே போவதன், அவற்றில் ஒவ்வொன்றும் பூமி முழுவதையும் தனதாக்கிக் கொள்ள முயற்சி செய்வதன் இயல்பான விளைவு என்ன ஆகும்? விளைவு தெளிவானதுதான்: இவற்றில் பெரும்பாலானவை அழிந்து விடுகின்றன. தப்பிப் பிழைக்கும் உயிரினங்களின் விகிதம், நிச்சயமான அழிவு விதிக்கப்பட்டுள்ள உயிரினங்களின் விகிதத்தைவிட மிகமிகக் குறைவு என்றுகூட நாம் கூறலாம். ஒவ்வொரு புதிய தலைமுறையிலும் தோன்றும் உயிரினங்கள் கடும் போட்டியில் ஈடுபடுகின்றன. இவற்றில் வெற்றி பெற்ற மிகக் குறைந்த எண்ணிக்கையுள்ளவை மட்டும் எஞ்சி நிற்கின்றன. தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட இந்த வடிவங்கள் உயிருடன் எஞ்சுவதற்குக் காரணம் யாது? போட்டியின் முடிவை இவற்றிற்குச் சாதகமாக்கும் சூழ்நிலைகள்

யாவை? அவற்றின் சொந்த மேம்பாடும் உறுப்பமைப்பின் செவ்வைப்பாடுமே என்பது தெளிவு. செவ்வைப்பாடு என்பது, ஏற்கனவே நாம் கூறியுள்ளது போல, உறுப்பு அதன் செயலுக்கும் அங்கஜீவி அதன் சுற்றுப் புறத்திற்கும் பொருத்தமாக அமைவதைக் குறிக்கிறது. பல உதாரணங்களில், செவ்வைப்பாடு எதில் அடங்கியுள்ளது என்று கண்டுபிடிப்பது கூடக் கடினம். ஏனென்றால் நிலைத்து வாழ்வதற்கான போட்டியில் உள்ள சாதக நிலைமைகள், பலதரப்பட்ட பண்புகளைப் பொறுத்திருக்கலாம். வெவ்வேறு சந்தர்ப்பங்களில் இப்பண்புகள் ஒன்றிற்கொன்று எதிரிடையாகக் கூட இருக்கலாம். உதாரணமாக ஒரு சந்தர்ப்பத்தில் தாவரம் பிழைத்திருப்பதற்குக் காரணம் தன் இனத்தைச் சேர்ந்த மற்றத் தாவரங்களுக்கு முன்பாகவே முளைத்ததுதான், வாழ்க்கை விருந்திற்கு மற்றவற்றுக்கு முன்னால் வந்து உலகில் இடம் பிடித்துக்கொள்ள நேரம் பெற்றதுதான். மற்றொரு சந்தர்ப்பத்தில் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட, அதாவது உயிர்வாழும் தாவரம், மற்றத் தாவரங்களைவிடப் பிந்தி முளைத்து, அவசரப்பட்டு முளைத்த தன் இனத் தாவரங்களைப் போன்று காலந்தாழ்த்த கடும் பனியில் சிக்கிச் சாகாமல் பாதுகாக்கப்பட்டுவிட்டது. **வாழ்க்கைப் போராட்டமும்** அதன் தவிர்க்க முடியாத விளைவான தகுதியுள்ளவை தப்பிப் பிழைத்தலும் அங்கக வடிவங்கள் விரைவாகப் பல்குதல் என்ற விதியின் தர்க்கப்பொருத்தமான இன்றியமையாத விளைவே ஆகும். தகுதியுள்ளவை தப்பிப் பிழைத்தலை டார்வின் உருவகமாக **இயற்கைத் தேர்வு** என்று அழைக்கிறார்.[1] வாழ்க்கைப் போராட்டமும்

---

[1] **தேர்வு** என்னும் சொல் உருவகமாகப் பயன்படுத்தப்பட்டது பல விமரிசகர்களை (முன்பே கூறப்பட்டுள்ளது போல்) வழி தவறச் செய்துவிட்டது. தன்னுணர்வுள்ள செயல் இயற்கைக்கு இருப்பதாக டார்வின் ஒப்புக்கொள்ள நேர்ந்திருப்பதைத் ''தேர்வு'' என்ற சொல்லே காட்டுகிறது என்று அவர்கள் கூறினார்கள். இதற்கு முன்பெல்லாம் மந்த புத்தி உள்ளவர்களே இவ்விதத் தவறுதலுக்கு உள்ளானார்கள் என்றால் தற்பொழுது, டார்வின் விளக்கம் கொடுத்த பின்பு, இம்மாதிரிச் சொற்புரட்டல்களில் ஈடுபடுபவர்கள் விவாத முறைகளைத் தேர்ந்தெடுப்பதில் நேர்மையற்றவர்கள் மட்டுமே.

தேர்வும் பற்றிய உண்மைக்கு ஆதரவாக முன்வைக்கக் கூடிய வை இம்மாதிரிப் பகுப்புமுறைச் சான்றுகள் மட்டுமே அல்ல. நேரடியான உற்று நோக்குதலும் இதே முடிவைத் தருகிறது. பலதரப்பட்ட பூக்களின் விதைகளை, உதாரணமாகப் பல நிறங்கள் உள்ள இனிப்புப் பட்டாணி விதைகளை எடுத்து விதைப்போம். விளையும் விதைகளை எல்லாம் சேகரித்து, அதே பாத்தியில் மறுபடியும் ஊன்றுவோம். ஒரு சில வருடங்களில், இவற்றில் ஒரு சில நிறங்கள் மற்ற நிறங்களைப் பாத்தியிலிருந்து அகற்றியிருப்பதைக் காணலாம். இதிலிருந்து முக்கியமில்லாத பண்பான நிறம்கூட (இதனுடன் இணைக் கப்பட்ட சில பண்புகளை நாம் உடனடியாகப் பார்க்க முடியாமல் இருக்கலாம்)வாழ்க்கைப் போராட்டத்தில் வெற்றி யை நிர்ணயிக்க முடியும் என்று தெரிகிறது. இயல்பான புல் வெளிகளுக்கு உரமிட்டுச் செய்த பரிசோதனைகளிலிருந்தும் இதே முடிவு பெறப்பட்டது. நைட்ரஜன் சம்பந்தப்பட்ட உரங்கள், பாஸ்வரிக அமிலம், பொட்டாசியம் ஆகியவை நிரம்பிய தாது உப்புக்கள் போன்றவை எல்லாத் தாவரங் களுக்கும் சந்தேகமின்றிப் பயனுள்ள இன்றியமையாத உண வாக விளங்குகின்றன என்று நாம் பார்த்தோம். குறிப்பிட்ட சதவீதம் தானியப் பயிர்களும் குறிப்பிட்ட சதவீதம் முதிரைப் பயிர்களும் உள்ள அந்தப் புல்வெளிகளுக்கு உரமிட் டால் நைட்ரஜன் உரம் மட்டுமே பயன்படுத்தப்படும்போது தானியப் பயிர்கள் முதிரைப் பயிர்களை விட விரைவாக வளர் கின்றன. நைட்ரஜன் இல்லாத உரம் நிலங்களுக்குப் போடப் பட்டால்,முதிரைப்பயிர்கள் விரைவில் வளருகின்றன.இவ்விரு உரங்களும் இந்த இருவகைப் பயிர்களுக்கும் பயனுள்ளவை. ஆனால் இவற்றின் பயனில் வேறுபாடு உள்ளது. இந்த வேறுபாட்டிற்கு ஏற்றபடி, வாழ்க்கைப் போராட்டத்தில் ஒரு அல்லது மறு பயிருக்கு வெற்றி கிட்டுகிறது. முடிவாக, சரியாகக் குறிப்பிடப்பட்டிருப்பது போல, வயல்களில் களை கள் மண்டிவிடாமல் காப்பதற்குக் குடியானவர்கள் எவ்வளவு கடினமாக வேலை செய்கிறார்கள் என்பதை ஞாபகப்படுத்திக் கொண்டால் நமது சாகுபடிப் பயிர்கள் நடத்த வேண்டி யிருக்கும் போராட்டத்தையும் தமது சொந்த பலம் கொண்டு சமாளிக்கும்படி விட்டால் அவை கட்டாயமாக அழிந்து

விடும் என்பதையும் புரிந்துகொள்ளலாம். அங்கக உயிர்கள் பல்குவதில் நிலவும் வடிவகணித ஏறுவரிசை விதியிலிருந்து கணித உண்மை போன்ற தெளிவுடன் விளையும் வாழ்க்கைப் போராட்டம் பற்றிய உண்மையை நேரடிப் பரிசோதனைகள் நிரூபிக்கின்றன என்பது இதிலிருந்து தெரிகிறது. இப்போ ராட்டம் தர்க்க ரீதியாகத் தவிர்க்க இயலாத அதே முறை யில், இயற்கைத் தேர்விற்கு, அதாவது மேலும் மேலும் செவ்வையான தகவமைப்புக்கு இட்டுச்செல்கிறது. இந்த இயற்கைத் தேர்வு எந்த ஒரு தலைமுறையிலும் நமது கவனத் தில் படாமல் தப்பிவிடலாம். பூமியில் அங்கஜீவிகள் தோன்றி அனேகமாக அளவிட முடியாத காலம் கடந்துவிட்டது என்று புவி இயல் காட்டும் சான்றை நாம் கருத்தில் கொண்டால், இவ்வளவு ஈவிரக்கமன்றி கண்டிப்புடன் இவ் வளவு நீண்ட காலமாக நடைபெற்றுவரும் இந்தத் தேர்வுச் செயல்முறை அங்கக வடிவங்களின் பல்வகைப்பாட்டுக்கும் அவற்றின் தகவமைப்பில் உள்ள செவ்வைப்பாட்டுக்கும் முற்றிலும் காரணமாக விளங்க முடியும் என்பதை முழு மனதுடன் ஏற்றுக்கொள்வோம்.

அங்கஜீவிகளுக்குரிய மூன்று அடிப்படைப் பண்புகளின் தவிர்கக முடியாத தர்க்க ரீதியான விளைவுதான் அங்கக வடிவங் களின் தோற்றமும் செவ்வைப்பாட்டை நோக்கி அவற்றின் இடையறாத முன்னேற்றமும் ஆகும். அம்மூன்று பண்புகள் பின்வருமாறு: மாறுபடும் திறன்; மாறுபாடுகளைச் சந்ததி களுக்குக் கொடுக்கும் திறன், அதாவது பாரம்பரியம்; பல்கும் திறன், இது இனப்பெருக்கத்துடன் பிரிக்க முடியாதவாறு தொடர்புள்ளது.

அங்கஜீவிகளுக்குரிய மாறுபடும் திறன் பற்றி எவ்வித மான சந்தேகமும் இல்லை. முழுக்க முழுக்க ஒரே மாதிரியான இரண்டு உயிர்களை நாம் காணவே முடியாது. இருப்பினும் மாறுபாடுகளுக்குரிய காரணங்கள், அவற்றுக்கும் தேர்விற் கும் உள்ள தொடர்பு ஆகியவற்றை மேலும் சிறிது விளக்க வேண்டியிருக்கிறது. அங்கஜீவியில் மாறுதல்கள் தோன்று வதற்கான முதல் காரணம் புறச் சூழ்நிலைகள் அதன் மீது ஏற் படுத்தும் நேரடியான அல்லது மறைமுகமான விளைவு ஆகும். இதற்குப் பின்புதான் இரண்டாம் தரக் காரணங்களின் விளைவு

கள் இடம் பெறுகின்றன. இந்த இரண்டாந்தரக் காரணங்கள், உறுப்புக்களின் வளர்ச்சியில் உள்ள பரஸ்பர சம்பந்தம், உறுப்புக்களுக்குக் கிடைக்கும் பயிற்சி முதலியவை ஆகும். ஆனால் பெரும்பாலான சந்தர்ப்பங்களில் மாறுதலுக்கும் அதன் காரணத்துக்கும் உள்ள தொடர்பைக் கண்டறிவது கடினம். அப்பொழுது நாம் மாறுபாடு தற்செயலாக நிகழ்ந்தது என்று கூறுகிறோம். ஆனால் நேரான பொருளில் தற்செயல் நிகழ்ச்சிகள் எவையும் விஞ்ஞானத்தில் ஒப்புக்கொள்ளப்பட முடியாது. இங்கு நிகழ்ச்சியின் முதன்மைக் காரணம் நமக்கு மறைக்கப்பட்டிருக்கும் அளவிற்குத்தான் அதை நாம் தற்செயலானது என்று கூறுகிறோம். மாறுபாடுகளையும் அவற்றிற்குள்ள காரணங்களையும் தெளிவாக்குவதில் நமக்கு எதிர்ப்படும் இடர்ப்பாடுகள் இரண்டு நிலைமைகளைப் பொறுத்துள்ளன: முதலாவதாக மாறுபாடு தெளிவாகத் தெரிந்தபின்பு காரணத்தைத் தேடுவது மிகவும் காலந்தாழ்த்த செயலாகும்; இரண்டாவதாகப் புறச் சூழ்நிலைகள் முற்றிலும் வளர்ந்த அங்கஜீவியின் மீது அபூர்வமாகத்தான் நிலையான விளைவை ஏற்படுத்துகின்றன. வளர்ச்சியின் மிக ஆரம்பக் கட்டத்தில் உள்ள அங்கஜீவிகளின்மீதே அவை மிக அடிக்கடி நிலையான விளைவு ஏற்படுத்துகின்றன போலும். ஏனென்றால், பாதிப்பு எவ்வளவு ஆரம்பத்தில் நிகழ்கிறதோ அதன் விளைவுகள் அவ்வளவு ஆழ்ந்தவையாக இருக்கும் என்பது தானே விளங்கும். வளர்ச்சியின் ஆரம்பக் கட்டத்தில் மாறுபடுத்தும் காரணிகள் மிகத் தீவிரமான விளைவை ஏற்படுத்துகின்றன. இதை நிரூபித்துக் காட்டலாம். உதாரணமாக, சில குறிப்பிட்ட தாவர வகைகளைக் கலவியிலா இனப்பெருக்க முறையில் தான் தோற்றுவிக்க முடியும். ஏனென்றால் கலவி இனப்பெருக்கச் செயல்முறையில் இரண்டாவது பெற்றோரின் பாதிப்பு உறுப்பமைப்பு முழுவதையும் நிலைகுலையச் செய்யும் அளவுக்கு மேலோங்கியிருப்பதனால் விரும்பிய பண்புகள் சந்ததிகளுக்குப் பரவுவதற்குக்கூடத் தடை ஏற்படுகிறது. மாறுபாட்டிற்குரிய இரண்டாந்தரக் காரணங்களில் ஒன்று **''வளர்ச்சியின் பரஸ்பர சம்பந்தம்''** என்பதாகும். இதன்படி ஒரு உறுப்பு அதிகமாக வளர்ந்தால் மற்றொன்று குறைவாக வளருகிறது. குறிப்பிட்ட காலக்கட்டத்தில்

குறிப்பிட்ட அளவுள்ள ஊட்டப் பொருளைத் தன் வசம் வைத்துள்ள இயற்கை கோதேயின் கூற்றுப்படி, ''ஒரு பக்கத்தில் ஊதாரித்தனமாகச் செலவிட்டால், மற்றொரு பக்கத்தில் சிக்கனப்படுத்துமாறு நிர்ப்பந்திக்கப்படுகிறது.'' முடிவாக, உறுப்பு ஒரு தடவை உருவான பிறகு அது பயன்படும் அளவிற்கு வளர்ந்துகொண்டே இருக்க முடியும் என்று தோன்றுகிறது.[1]

பௌதிகச் சூழ்நிலைகளின் மூலமாக நிகழும் மாறுபாடுகள் அங்கஜீவிக்கு நன்மையையோ தீமையையோ ஏற்படுத்தலாம். வாழ்க்கைப் போட்டியும் தேர்வும்தான் தீமை தரும் திருப்பங்களை அழித்தும் நன்மை தருபவற்றை நிலைபெறச் செய்தும் மாறுதலை ஒரு திசையில் இயக்குகின்றன. இவ்வாறு மிக மிக அரிதாகவே புலப்படும் மாறுபாடுகள் நீண்ட பல தலைமுறைகளின் போக்கில் குவியும்பொழுது முடிவில் கணிசமான அளவுகளை மேற்கொள்கின்றன. உதாரணம் ஒன்றின் மூலம் ஒரு நிகழ்ச்சியின் எப்பகுதி மாறுபாட்டைச் சார்ந்தது, எப்பகுதி அதை அடுத்த தேர்வின் பாதிப்பைச் சார்ந்தது என்று விளக்க முற்படுவோம். ஒழுங்கான பூவிலிருந்து சமச்சீரான பூ தோன்றிய முறையைப் பற்றிச் சற்று முன்பு நாம் கூறினோம். அவ்வாறு நிகழும் பொழுது உள்ள தொடர்ச்சியான இடைநிலை வடிவங்களைச் சுட்டிக்காட்டினோம். ஆனால் இதைக் கொண்டு இருபக்கச் சமச்சீரமைப்பின் தோற்றத்தை, ஒழுங்கிலிருந்து ஏற்பட்ட ஆரம்பப் பிறழ்வை, நாம் விளக்க முடியாது. மரக்கிளைகளின் மீது, அவை வளரும் பொழுது, புவி ஈர்ப்புச் சக்தி செயல் புரிந்ததினால் இவ்வித மாறுதல் நிகழ்ந்தது என்று ஒருவாறு சரியாக நாம் யூகிக்கலாம். வளரும் உறுப்புக்கள் புவி ஈர்ப்புச் சக்தியின் செயல் காரணமாக தம் வளர்ச்சியின் திசையை மாற்றுகின்றன என்று நாம் கண்டுள்ளோம்[2]. உறுப்பின் மேற்பகுதிகளிலும் கீழ்ப்பகுதிகளிலும் வளர்ச்சியின் ஒழுங்கின்மையை இந்தத் திசை மாற்றம் பொறுத்துள்ளது. இதே விளைவு மற்றொரு

[1] பயிற்சியின் காரணமாகத் தோன்றிய மாறுபாடுகளில் எவை பரம்பரை பரம்பரையாக வருகின்றன, எவை வருவதில்லை என்பனவெல்லாம் இன்னும் விளக்கப்படவில்லை.

[2] விரிவுரை VII ஐக் காணவும்.

முறையிலும் தோன்றுகிறது: கிடைமட்டமான கிளைகளின் மேல் கீழ் புறங்கள் ஒன்று போல் இருப்பதில்லை. செங்குத்தான முக்கியத் தண்டில் எல்லாப் பக்கங்களிலும் சமமாகப் பரவியுள்ள இலைகள் கிடைமட்டக் கிளைகளில் ஒரு கிடைமட்டத் தளத்திலேயே அமைந்துள்ளன.

பூக்கள் சம்பந்தப்பட்ட பல விவரங்களும் இக்கருத்து சரி என்று காட்டுகின்றன. ஒரே செடியில் உள்ள பூக்கள், பூவின் அச்சில் அவை பெற்றுள்ள இடத்தைப் பொறுத்து ஒழுங்கானவையாகவோ அல்லது சிறிதளவு சமச்சீருள்ளவையாகவோ இருக்கின்றன. உதாரணமாக ஒழுங்கான பூக்கள் உள்ள செடிகளை எடுத்துக்கொள்ளுவோம்: இவற்றில் சிலவற்றில் கிடைமட்டத்தில் அல்லது தரையை நோக்கி வளைந்து காணப்படும் பக்கவாட்டுப் பூக்கள் இருபக்கச் சமச்சீருடைய வடிவத்தைப் பெறுகின்றன. இதே கொத்தின் உச்சியில் உள்ள பூக்கள், அல்லது செங்குத்தான நிலையிலுள்ள பூக்கள், முற்றிலும் ஒழுங்கான வடிவத்தையே பெற்றிருக்கின்றன. இந்தப் பண்பு காம்பனுலாஸ் போன்ற செடிகளில் காணப்படுகிறது. துளசிக் குடும்பம், ஆர்க்கிடு குடும்பம் போன்றவற்றைச் சார்ந்த இருபக்கச் சமச்சீருள்ள பூக்கள் கொண்ட செடிகளில் உச்சியில் உள்ள பூக்கள் ஒழுங்கான வடிவம் பெற்று விளங்குகின்றன. சேஜ் செடியில் இந்தத் தன்மையைக் காணலாம். பக்கவாட்டுப் பூக்கள் எல்லாம் இயல்பான ஈருதட்டு வடிவம் கொண்டுள்ளன. ஆனால் உச்சியில் உள்ள பூ மட்டும் சிலவற்றில் முற்றிலும் ஒழுங்கான பூவாக உள்ளது. இக்கருத்திற்கு ஆதரவாக, சமீபத்தியப் பரிசோதனைகள் நேர்ச் சான்றுகள் தந்துள்ளன. விரிவுரை VIIல் கூறியுள்ள முறைகளைக் கையாண்டு, புவி ஈர்ப்புச் சக்தியின் செயலை நாம் தடுத்துவிட்டால் இருபக்கச் சமச்சீருள்ள பூக்களை ஒழுங்கான பூக்களாகவும் ஆரச் சமச்சீருள்ள பூக்களாகவும் நாம் மாற்ற முடியும். முதன் முதலில் பூக்களில் நெடுக்குச் சமச்சீர் தோன்றுவதற்குக் காரணம் புவி ஈர்ப்புச் சக்தி எனலாம். மற்றவை தேர்வின் காரணமாக அதை அடுத்துத் தோன்றும். பூச்சிகளால் நிகழும் அயல் மகரந்தச் சேர்க்கையினால் நல்ல திடகாத்திரமான சந்ததிகள் தோன்றுகின்றன. இதனால் இம்முறை செடிகளுக்குப் பயனுள்ளதாக இருக்கிறது. அதே சமயத்தில்,

இப்பூக்களில் உள்ள தேனுக்காக வரும் பூச்சிகளுக்குப் பூவின் கீழ் உதடு வசதியான இறங்கு மேடையாக அமைந்துள்ளது. இவ்விரு விஷயங்களும் சந்தேகத்துக்கு இடமற்றவை. எனவே ஒவ்வொரு தலைமுறையிலும் வாழ்க்கைப் போராட்டத்தில் ஈடுபடும் தாவரங்களுக்கிடையே இந்த ஈருதட்டு வடிவம் மிகத் துலக்கமாக அமையப் பெற்றுள்ளவை வாழ்ந்திருப் பதற்கு அதிக வாய்ப்பு கொண்டிருக்கும். இதே போன்று ஓரளவு புவி ஈர்ப்புச் சக்தி காரணமாகவும், ஓரளவு நாம் சற்று முன்பு கூறிய வளர்ச்சியின் பரஸ்பர சம்பந்தம் காரணமாகவும் முதலில் ஒரு மேற்பக்கக் கேசரமும் பின்பு மூன்று மேற் பக்கக் கேசரங்களும் குன்றிப்போய்விடுகின்றன. கீழ்ப் பக்கத்தில் உள்ள இரண்டு கேசரங்கள் பெரியவையாகி, தேர்வின் காரணமாக தனிப்பட்ட வடிவம் பெறுகின்றன. இவ்வடிவம் தாவரத்துக்கு மிகப் பயனுள்ளதாக இருக்கிறது. இந்த உதாரணத்திலிருந்து, எவ்வளவு சிக்கல் நிறைந்ததாக இருந்தாலும் சரி, ஒரு உருவத்தின் தோற்றத்தை ஆராய வேண்டுமானால் பின்வரும் மூன்று விவரங்களை நிச்சயப்படுத்திக் கொள்வது போதுமானது என நாம் அறிகிறோம்: முதலாவது, ஆரம்ப மாறுபாடு பௌதிகச் சூழ்நிலைகளின் மூலம் நிகழ்ந் திருக்கலாம் (இது அங்கஜீவி மீது பொதுவாகக் கருநிலையில் செயல் புரிகிறது, அபூர்வமாகத்தான் வளர்ந்த அங்கஜீவி மீது செயல் புரிகிறது); இரண்டாவது, படிப்படியான இடை நிலை வடிவங்கள் உள்ளன; மூன்றாவது—இது எல்லாவற்றிலும் மிக முக்கியமானது—இந்த மாறுபாடுகள் அங்கஜீவிக்கு மிகவும் பயனுள்ளவை. **இயற்கைத் தேர்வின்** பாதிப்பினால் இம்மாதிரி வடிவம் அமைந்திருக்கக் கூடும், கட்டாயமாக அமைந்திருக்க வேண்டும் என்பது அப்போது தெளிவாகி விடுகிறது.

எனவே அங்கக உலகின் ஒத்திசைவுக்கு, செவ்வைப் பாட்டுக்கு டார்வின் கூறும் விளக்கத்திற்கு, தாவரத்தில் செவ்வைப்பாட்டை நோக்கிய போக்கு, பிறவியிலே தோன்றிய முற்போக்கு இயக்கம் முன்னரே அமைந்திருப்பதாக ஒப்புக்கொள்வது தேவைப்படுவதில்லை. மாறாக அவரது கொள்கைப்படி மாறுபாடுகள் தாமே நன்மையும் தரலாம், தீமையும் தரலாம். ஆனால் தேர்வின் காரணமாக தீமை

தரும் ஒவ்வொரு மாறுபாடும் அதன் தீய பண்பு காரணமாகவே விரைவிலோ தாமதித்தோ அழிக்கப்பட்டே தீரும். பயனுள்ள ஒவ்வொரு மாறுபாடும் சந்ததிகளுக்குப் பரவுகிறது. பொதுவான ஏறுவரிசை, செவ்வைப்பாட்டை நோக்கிய இயக்கம், தீமை தருபவை எல்லாவற்றையும் அழிப்பதன் மூலமாகவும் நல்ல பண்புகளை மெதுவாக, படிப்படியாகத் திரட்டிச் சேர்ப்பதன் மூலமாகவும் நிகழுகிறது. எனவே அங்கக உலகின் செவ்வைப்பாடு அதனளவில் விளக்க முடியாத குறிக்கோளாக அன்றி, ஆனால் எல்லோருக்கும் தெரிந்த பிரமாணபூர்வமான இயற்கைக் காரணங்களின் முற்றிலும் விளங்கக்கூடிய விளைவாகத் திகழ்கிறது.

டார்வினுக்கு முன்பு மற்றொரு பிரபலமான சிந்தனை யாளர் இதே போன்ற முடிவிற்கு வந்தார் என்பது அக் கறைக்கு உரியது. ஆனால் அவர் காலத்தில் நிலவி வந்த கருத்துக் களின் விளைவினால் இனங்கள் மாறுபடும் தன்மையுள்ளவை என்ற கொள்கையை அவரால் ஒப்புக்கொள்ள முடியவில்லை என்பதுதான் வித்தியாசம். ஒகைஸ்ட் கான்ட் ''புலக்கொள் கைத் தத்துவம்'' என்ற தமது நூலின் மூன்றும் தொகுதியில் பின்வருமாறு எழுதுகிறார்:''ஒரு சில புறச் சூழ்நிலைகளின் குறிப்பிட்ட தொகுப்புடன் ஒவ்வொரு அங்கஜீவியும் தொடர்பு படுத்தப்பட்டுள்ளது என்பதில் சந்தேகமில்லை. ஆனால் பரஸ்பர சம்பந்தம் உள்ள இவ்விரு சக்திகளில் முன்னது பின்னதால் தோற்றுவிக்கப்பட்டது என்றோ அல்லது பின்னதைத் தோற்றுவித்தது என்றோ இதிலிருந்து எண்ண இடமில்லை. இங்கு நாம் சமநிலையில் உள்ள இரண்டு சக்திகளை மட்டுமே காண வேண்டும். இவை ஒன்றையொன்று முற்றிலும் சாராதவை, வெவ்வேறு வகையானவை. எல்லா வகையான அங்கஜீவிகளும் தொடர்ச்சியாக நீண்ட காலத்திற்கு எல்லா வகையான புறச் சூழ்நிலைகளினதும் செயலுக்கு உட்படுத் தப்படுகின்றன என்று கற்பனை செய்துகொண்டால், முடிவில் இந்த அங்கஜீவிகளில் மிகப் பெரும்பகுதி அழிந்துவிட வேண்டியிருக்கும்; மேலே கூறப்பட்டுள்ள சமநிலையின் அடிப் படை விதிகளுக்குப் பொருத்தமானவை மட்டும்தான் உயிர் வாழும் என்பது நமக்குத் தெளிவாகப் புலனாகும். நாம் இவ் வுலகில் காண்பதும் நமது கண் முன்பே மாறுபட்டுக் கொண்டி

ருப்பதுமான உயிரியல் ஒத்திசைவு இத்தகைய களைந்தொழித்தல் வாயிலாக நிலைநாட்டப்பட்டிருக்கிறது என்பது எல்லா வகையிலும் சாத்தியமே.'' இவ்விரு கருத்துக்களிலும் உள்ள ஒப்புமை எதில் அடங்கியிருக்கிறது என்ருல், அங்கஜீவிக்கும் அதன் சூழ்நிலைக்கும் இடையே நிலவும் சமநிலை பற்றிய அடிப்படை விதிக்கு ஒத்திசையாதவையும் பொருந்தாதவையுமான யாவும் களைந்தொழிக்கப்படுவதன் விளைவே உயிரியல் ஒத்திசைவு என்று கான்ட், டார்வின் இருவருமே கருதுவதில் தான். திருப்தி தராத அங்கஜீவிகள் இவ்வாறு களைந்தொழிக்கப்படும் முறையையோ அதன் தவிர்க்க முடியாத நாசகரமான இன்றியமையாமையையோ காரணத்தையோ கான்ட் கூறவில்லை. அவர் இனங்கள் மாற முடியாதவை என்ற கொள்கையை ஆதரிப்பவர். எனவே, இந்த ஒத்திசைவு நிலைத் தன்மை வாய்ந்தது, ஏற்கனவே முடிவடைந்து விட்ட ஒரு செயல் என்று அவருக்குத் தோன்றியிருக்க வேண்டும். ஆளுல் டார்வின் அங்கக வடிவங்களின் எல்லையற்ற மாறுந்தன்மையை ஆதரிப்பவர். அவரது கருத்துப்படி இந்தச் சமநிலை நிரந்தரமற்றது, இடைவிடாது முன்னேறுவதும் என்றுமே முடிவடையாததுமான ஒத்திசைவு. இந்த ஒத்திசைவு நிலையற்றது என்ருல் அது முழுமையானதாக இருக்க முடியாது. எதார்த்தத்துக்கு இது முற்றிலும் பொருந்துவதே. இயற்கையில் முழுமையான செவ்வைப்பாட்டை நாம் ஒருபோதும் காண்பதில்லை. கண் யாவற்றிலும் செவ்வையான உறுப்பு என்று கருதப்படுகிறது. ஆளுல் இதே கண்ணைப் பற்றி இந்த விஷயத்தில் பாண்டித்தியம் மிக்கவரும் வீண் பேச்சின் பரம வைரியுமான ஹெல்ம்ஹோல்ட்ஸ், கண்ணுடி செய்பவனிடமிருந்து நமது கண்ணைப்போன்ற குறையுள்ள கருவி ஒன்று கிடைத்திருந்தால் அதைப் பழுதுபார்க்கத் திருப்பி அனுப்பியிருப்பேன் என்று கூறிஞர்.

ஆகையிஞல் டார்விஞுடைய கொள்கை அங்கஜீவிகளின் செவ்வைப்பாட்டுக்கான காரணத்தைத் தன்னிச்சையான ஆதாரமற்ற வாதம் ஒன்றுகூடத் தேவையின்றி இந்த உயிர்களின் அடிப்படையான, எல்லோரும் அறிந்த பண்புகளை ஆதாரமாகக் கொண்டு விளக்குகிறது. இந்த விஷயம் காரணமாக அது இத்தகைய எல்லா முந்திய முயற்சிகளையும்

விடச் சிறப்பாக உள்ளது. அங்கக வடிவங்களின் மாறுபடும் தன்மை பற்றிய கொள்கையின் முந்திய ஆதரவாளர்களால் சமாளிக்க இயலாதிருந்த பலத்த ஆட்சேபம் ஒன்றைத் தனக்குச் சாதகமாகப் பயன்படுத்திக்கொண்டது இக்கொள்கையின் மற்றெரு பெரிய சிறப்பு. உண்மையில் நல்ல இனங்களுக்குள்ளே இடைநிலை வடிவங்கள் ஏன் இல்லை என்பதுதான் இந்த ஆட்சேபம். உண்மையில் இனங்கள் ஒன்றுக்கொன்று உறவுள்ளவையாஞல் அவற்றிற்கு இடையே எவையேனும் இணைப்புக் கணுக்கள், எவையேனும் இடைநிலை வடிவங்கள் இருக்க வேண்டும். இதற்கு டார்வினது கொள்கை அளிக்கும் பதில் இதுதான். இது போன்ற வடிவங்கள் கட்டாயம் இருந்திருக்க வேண்டும். காலப்போக்கில் அவை மறைந்திருக்க வேண்டும். அவற்றின் மறைவு வாழ்க்கைப் போராட்டம், தேர்வு ஆகியவற்றின் தவிர்க்க முடியாத விளைவாகும். இப்பிரச்சினை பற்றி ஆராயப் புகு முன்பு, வேறு இரண்டு வடிவங்களை இணைக்கும் இடைநிலை வடிவம் பற்றிய முற்றிலும் திரிபான சித்திரிப்பு அடிக்கடி செய்யப்படுகிறது என்பதைக் குறிப்பிடுவோம். இந்த வடிவம் நேரான சொற்பொருளில் நடுவில் உள்ளது, இந்த வடிவத்தில் அது இணைக்கும் இரு வடிவங்களின் பண்புகளும் உள்ளன என்று பொதுவாக எண்ணப்படுகிறது. உண்மையிலோ, இந்த இடைநிலை வடிவத்தில் இணைக்கப்படும் இரு வடிவங்களில் எந்த ஒன்றின் சிறப்புப் பண்புகளும் அறவே இல்லாதிருக்கலாம். அடிக்கடி பின்வருவது போன்ற மறுப்புகள் கூறப்படுகின்றன: பிர்ச் மரமும், ஓக் மரமும் ஒன்றுக்கு ஒன்று உறவுள்ளவையாஞல், பாதி பிர்ச் மரமும், பாதி ஓக் மரமும் ஆக உள்ள இடைநிலை அங்கஜீவி ஒன்றைக் காட்டுங்கள். உண்மையில் இது போன்ற அங்கஜீவி இயற்கையில் இருந்ததே இல்லை எனலாம். தற்காலத்தில் இருக்கும் அங்கஜீவிகள் ஒன்றிற்கொன்று உறவுள்ளவை என்ருல் இவ்வுறவு அவை ஒன்றிலிருந்து மற்றென்று தோன்றியவை என்பதஞல் ஏற்படுவதல்ல, இவை யாவும் ஒரு பொதுவான மூதாதையிடமிருந்து தோன்றின என்பதால் ஏற்படுகிறது. இரு தற்கால வடிவங்களின் உண்மையான இணைப்புக் கணுவை, அதாவது அவற்றின் உறவுக்கு ஆதாரமான மூதாதையின் வடிவை நாம் கண்டுபிடித்தாலுங்

கூட, அது அவற்றின் மூதாதை என நாம் அனேகமாக அடையாளம் கண்டுகொள்ள மாட்டோம். இரண்டு சந்ததி களின் சிறப்புப் பண்புகள் அதில் மிகமிகக் குறைவாகவே காணப்படும், அல்லது அறவே காணப்படாமலும் இருக்கலாம். பயிரிடப்படும் தாவரங்களிலிருந்து ஒரு உதாரணத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். கோசு அதன் உறுப்புக்களின் வளர்ச்சியில் காணப்படும் குறிப்பிடத்தக்க பல்வகைப்பாடு காரணமாகச் சிறப்பானது. அதில் சில கோசு வகைகளில், தலை தடித்த இலைகளால் ஆனது. வேறு சிலவற்றின் தண்டு டர்னிப்பு போன்று ஊதியுள்ளது. இன்னும் சிவற்றில் பூக் கொத்துக்கள் எல்லோருக்கும் தெரிந்த தசைப் பற்றுள்ள உறுப்புக்களாக மாறுகின்றன. நான்காவது வகையில் தண்டு உயரமாக வளர்ந்து உரப்பாகிறது, இதிலிருந்து கம்புகள் செய்யலாம். ஐந்தாவது வகையில் இலைகள் விளக்கமான நிறம் பெற்று விளங்குகின்றன. இந்த எல்லா விதமான வடிவங்களுக்கும் மூதாதை, எனவே இவற்றை உண்மையில் இணைக்கும் இடநிலை வடிவம், இந்தப் பண்புகள் யாவற்றை யும் பெற்றிருந்தது என்று யாருமே எண்ணியிருக்க மாட்டார் கள். உண்மையில் ஆரம்பத்தில் இருந்த அசல் காட்டுக் கோசுக்கு இப்பண்புகள் எதுவுமே இல்லை. ஆகையினுல் சில தாவரங்களில் உண்மையான இடைநிலை வடிவங்களை நாம் கவனிக்காமலேயே இருந்து விடலாம். ஆனுல், பெரும்பான் மையான தாவரங்களின் விஷயத்தில் இனங்களுக்கு நடுவே இடைநிலை வடிவங்களே இருப்பதில்லை என்பதில் சந்தேகமே கிடையாது. இவை இல்லாமல் இருப்பதே டார்வின் கொள்கைப்படி இயற்கைத் தேர்வின் இயல்பான ஒரு விளை வாகும். இந்த விஷயத்தைத் தெளிவுபடுத்தும் பொருட்டு நாம் செயற்கைத் தேர்வை மறுபடியும் ஒப்புநோக்குவோம். பலவகைப்பட்ட கோசுகள் தோன்றிய பொழுது அவற்றைப் பயிரிட்டவர்கள் அவற்றில் மிக அபூர்வமான, முற்றிலும் வெவ்வேருன சில வகைகளைப் பாதுகாக்கத் தொடங்கியிருப் பார்கள். பூக்கோசைப் பயிர்செய்தவன் தண்டு அல்லது இலைகளைப் பற்றிக் கவலைப்படாமல் அதன் பூக்கொத்தின் மீது மட்டும்தான் முழு கவனம் செலுத்திஞன். அது பெரிதாகவும் தசைப் பற்றுள்ளதாகவும் இருக்க வேண்டும் என்று விரும்பி

ஞன். அலங்காரக் கோசுச் செடியில் கவனம் செலுத்தியவன், அதன் இலைகளின் நிறம், வடிவம் ஆகியவற்றில் மட்டுமே கவனம் செலுத்திஞன். ஒரு செடி ஒரே சமயத்தில் இலைத் தலையையும் நடைக் கழியையும் இவ்வாறே பிறவற்றையும் உற்பத்தி செய்ய முடியாது. எனவே சில தனிப்பட்ட பண்பின் தீவிர வளர்ச்சி இல்லாமல், எல்லாப் பண்புகளையும் ஓரள விற்கு மொத்தமாகப் பெற்றிருந்த செடிகள் பயிரிடப்பட வில்லை, இவை அழிக்கவும் பட்டன. எனவே இவை மறைந்து விட நேர்ந்தது. எனவே, மிகவும் தெளிவான பண்புகள் பெற்ற செடிகள் தோன்றியதையொட்டி தெளிவற்ற பண்பு கள் உள்ள செடிகள் நிச்சயமாக அழிக்கப்பட்டன. இதஞல் வெவ்வேறு தனி வடிவங்களுக்கிடையே உள்ள இணைப்பு மறைந்துவிட்டது. ஒன்றிற்கொன்று மாறுபாடுகள் உள்ள தொடர்பற்ற வகைகள் தோன்றிவிட்டன. இது போன்ற ஒருவகைச் செயல்தான் இயற்கையிலும் நிகழ வேண்டும். இங்கு மற்றவற்றைவிட அதிகச் செவ்வைப்பாடு பெற்றிருந் தால்தான் புதிய வடிவம் நிலைக்க முடியும். இது மற்றவற்றை வெளியேற்றி அழிக்கத்தான் செய்யும். ஒவ்வொரு உயிரும் தன் வகையிலிருந்து எவ்வளவு வேறுபட்டிருக்க முடியுமோ அவ்வளவு வேறுபட்டிருத்தல் அதற்கு நல்லது. ஏனென்ருல் இரு உயிர்களின் தேவைகள் வேறுபட வேறுபட, அவற்றிற்கு இடையே உள்ள போராட்டம் குறையும். அவை இதஞல் போராட்டமின்றியே ஒரே சுற்றுப்புறத்துடன் பொருந்தி யிருக்க முடியும். இதையும் டார்வின் குறிப்பிட்டார். ஒரே பயிரை அதே நிலத்தில் நெடுங் காலத்துக்குத் திரும்பத் திரும்பச் சாகுபடி செய்ய முடியாது, அவற்றை வருடா வருடம் இடம் மாற்ற வேண்டியது அவசியம் என்பது குடி யானவர்களுக்கு வெகு காலமாகவே தெரியும். இந்த விவரத் தையும் ஆதாரமாகக் கொண்டுதான் பயிர்மாற்ற முறை பின் பற்றப்படுகிறது. ஆஞல் காலத்தால் உண்மை என்பது, இடத் தாலும் உண்மை என்றே தெரிய வருகிறது. குறிப்பிட்ட நிலப்பரப்பில், ஒரே மாதிரியான புல் செடிகளைப் பயிரிடுவதி லிருந்து கிடைக்கும் தனிப் புல்லைவிடப் பல வகைகளைக் கலந்து பயிரிட்டால் அதிகத் தீனிப்புல் கிடைக்கும் என்பதும் குடியானவர்களுக்குத் தெரியும். ஆகையிஞல் புதிய வடிவங்

கள் செவ்வைப்பாடு குறைந்த தன் முன்னோர்களை வெளி யேற்றி அழிக்கத் தான் செய்யும். புதிதாகத் தோன்றும் வடிவங்கள் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு வேறுபாடுகள் பெற்றிருக் கின்றனவோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு நிலை பெறுகின்றன. இதில் சந்தேகமே இருக்க முடியாது. இவ்விதமாக வேறுபடும் பொழுது, ஒவ்வொரு அங்கக வடிவமும் கிளைகளாகப் பிரிகிறது இச்செயல்முறையின் பொழுது இவற்றிற்கு இடையே உள்ள இணைப்புக் கணுக்கள் மறைந்து விடுகின்றன. இதன் முடிவு, நேரடியான மாற்றத்தைக் காட்டும் எவ்விதமான இடைநிலை அடையாளங்களும் இல்லாத வெவ்வேறு வகை யான குழுக்கள் தோன்றுவதாகும். ஆயினும் இந்தக் குழுக்கள் ஒன்றுக்கு ஒன்று நெருக்கமாகவோ, அல்லது குறைவாகவோ ஒப்புமை கொண்டிருக்கின்றன. இந்த ஒப்புமை **பண்பு உறவு** என்று தெளிவின்றி அழைக்கப்பட்டு வந்தது. இப்பொழுதோ நாம் இதை வெறுமே **பிறப்பு உறவு** என்கிறோம். சுருக்க மாக, இனக் குழுக்கள், ஜாதிக் குழுக்கள் ஆகியவற்றையும் இன்னும் பெரிய பிற குழுக்களையும் பெற்றுள்ள தற்கால அங்கக உலகத்தின் அமைப்பு இயற்கைத் தேர்வின் மூலம் அவை ஒரே மூலத்திலிருந்து தோன்றியதன் தவிர்க்க முடியாத விளைவே ஆகும்.

அங்கக உலகின் செவ்வைப்பாடு, ஒத்திசைவு ஆகிய வற்றை விளக்குவதற்கு, பிரபல விஞ்ஞானி டார்வினைப் பிரதிநிதியாகக் கொண்ட தற்கால உயிரியல் துறை முன்வைக்கக் கூடிய நீண்ட வாதத் தொடர் இத்துடன் முற்றுப் பெறுகிறது. இவ்விஷயத்தைப் பற்றி என்ன கூறியுள் ளோம் என்பதைச் சுருக்கமாகப் பார்ப்போம். பெரும்பான் மையான உயிர்ச்செயல்களைஎளிமையானபௌதிக-இரசாயன அடிப்படை அம்சங்களாகப் பகுத்து ஆராயவும் தற்பொழுது செயல் புரிந்துகொண்டிருக்கும் காரணங்களைக் கொண்டு அவற்றை விளக்கவும் முடிகிறது. ஆயினும் அங்கக வடிவங்க ளின் பரிணமத்துடன் தொடர்புள்ள எல்லாவற்றையும் விளக்க நாம் சரித்திரபூர்வமான காரணங்களை ஆராய்வது இன்றியமை யாததாகிறது. அங்கஜீவிகளின் செவ்வைப்பாட்டை இந்த முறையினுல் விளக்குவதற்கு, முதலில் அவற்றிற்கு உண் மையில் சரித்திரம் உண்டு என்பதையும் பின்பு இந்தச்

சரித்திரபூர்வமான வளர்ச்சி செவ்வைப்பாட்டை நோக்கி முன்னேறுகிறது என்பதையும் நிரூபிக்க வேண்டும். உயிரியல் விஞ்ஞானத்தின் எல்லாத் துறைகளிலிருந்தும்—பாகுபாட்டியல், ஒப்புநோக்கு இயற்கை உருவ இயல், முளேக்கருவியல், தொல்லுயிரியல் போன்றவற்றிலிருந்து—கிடைக்கும் கூட்டுச் சான்று அங்கக வடிவங்களுக்குப் பொதுவான மூலம் ஒன்று உண்டு என்பதை நிரூபிக்கின்றது. இக்கொள்கைக்கு மறுப்பாக விளங்குவது இனங்கள் நிரந்தரமானவை என்பதில் உள்ள நம்பிக்கை தான். ஆனுல் இனம் பற்றிய கருத்திற்கே எதிரான விமர்சனமும், அதைவிட அதிகமாக மனிதனது நினேவு எல்லேக்குள் தோன்றியிருக்கும் வளர்ப்புப் பிராணிகளின் வகைகளேக் குறித்த உண்மைகளும் இந்த மறுப்பை அகற்றிவிடுகின்றன. அங்கக உலகிற்குச் சரித்திரம் உண்டு என்பதற்குத்தான் எல்லா விவரங்களும் சாதகமாக உள்ளன, பாதகமாக ஒன்றுகூட இல்லே என்பதை நிரூபித்த பின்பு, இந்தச் சரித்திரபூர்வமான செயல்முறையின் தன்மையையே நாம் ஆராய்ந்தோம். மாறுபடும் தன்மை, பாரம்பரியம், பல்குதலின் விரைந்த ஏறுவரிசை போன்ற அங்கஜீவிகளுக்குரிய வெளிப்படையான பண்புகளிலிருந்து ஆராய்ச்சியைத் தொடங்கினேம். இந்தச் சரித்திரபூர்வமான செயல்முறை டார்வின் சரியாகக் கூறியபடி ''இயற்கைத் தேர்வின்'' மூலம் செவ்வைப்பாட்டை நோக்கித் தவிர்க்க இயலாதவாறு முன்னேறுகிறது என்ற முடிவுக்கு வந்தோம். ஆகவே, அவருடைய கொள்கை ஒரு குறிப்பிட்ட தனி வடிவம் ஏன் இருக்கிறது என்பதற்கு தயாரான விளக்கம் எதையும் தரவில்லே. எந்த ஒரு சந்தர்ப்பத்திலும் இந்த விளக்கத்தைப் பெறுவதற்குரிய பொதுவான முறையை அக்கொள்கை வகுக்கிறது. மாறுபாடுகளுக்குரிய அசல் காரணத்தைக் கண்டுபிடிக்கவும் தொடர்ச்சியான இடைநிலே வடிவங்களேக் குறித்துக் காட்டவும் நம்மால் முடிந்தால் (சேஜ் பூவில் இதைச் செய்ய முயன்ருேம்) மிக மிகச் சிக்கல் நிறைந்த வடிவத்தின் மூலம்கூட, குறிப்பிட்ட அங்கஜீவிக்கே அது பயனுள்ளதாயிருந்தால், நமக்கு விளங்காததாக ஒன்றும் இருக்காது. இது காலம்,தேர்வு ஆகியவற்றின் விஷயம் ஆகும். இதனுல்தான் தற்கால உடலியல் கட்டிடத்தின் கோபுரம்

என்று டார்வினின் கொள்கையை இயற்கை ஆராய்ச்சியாளர்கள் புகழுகின்றனர். அது உண்மையில், அங்கஜீவிகளின் தோற்றம் பற்றிய பிரச்சினைக்குத் தீர்வு காண்பதற்கான திறவுகோலை அளிக்கிறது, அவற்றின் செவ்வைப்பாட்டுக்குக் காரணம் காட்டுகிறது, நாம் இந்த விரிவுரையின் ஆரம்பத்தில் எழுப்பிய வினவுக்கு விடை தருகிறது.

* * *

தாவரத்தின் வாழ்க்கையைப் பற்றி ஆராயும் பணியை நாம் மேற்கொண்டோம். முதல் விரிவுரையில் இந்தச் சிக்கலான நிகழ்ச்சியை அதன் அம்சங்களாகப் பிரிக்க முயற்சித்தோம். தாவரம் உறுப்புக்களால் ஆனது என்றும் அவ்வுறுப்புக்கள் இன்னும் எளிய உறுப்புக்களால்—உயிரணுக்களால்—ஆனவை என்றும் காட்டினோம். இந்த உயிரணுக்கள் சில இரசாயனப் பொருள்களின் தொகுப்பு என்பதையும் வெளியிட்டோம். இந்தச் சோதனையின் அடிப்படையில் நாம் மறு புறத்தில், ஏறு முகமான தொகுப்பு வரிசையில் இப்பொருள்களின் பண்பு பற்றி முதலிலும், பின்பு முறையே உயிரணுவின் வாழ்க்கை, உறுப்புக்களின் வாழ்க்கை, தாவரம் முழுவதன் வாழ்க்கை ஆகியவை பற்றியும், முடிவில் இந்தக் கடைசியான விரிவுரையில், அங்கக உலகு முழுவதன் வாழ்க்கையைப் பற்றியும் ஆராய்ந்தோம். இத்துடன் நமது பிரச்சினை முழுவதும் தீர்ந்துவிட்டது எனலாம். நான் உங்களை வழிகாட்டி அழைத்துச் செல்ல ஏற்றுக்கொண்ட பாதையின் முடிவிற்கு இப்போது நாம் வந்துவிட்டோம். நமது பாதை நீண்டது, களைக்கச் செய்வது, அலுப்பு தருவது தான். ஆனால் இது முற்றிலும் பயனற்றது இல்லை என நான் நம்புகிறேன். ஈண்டு குழுமியிருக்கும் சகோதர சகோதரிகளில் ஒரு சிலருக்காவது தாவரம் லத்தீன் பெயர்ச்சீட்டால் குறிக்கப்பட்டுள்ள உயிரற்ற ஒரு பொருளாகவோ அல்லது அழகுணர்ச்சிக்கு மட்டும் திருப்தியளிக்கும் பொருளாகவோ இருந்துவிடாமல் அறிவுக்கு அதிக முழுமையான விருந்தளிக்கும் ஊற்றுக்கண்ணாக விளங்குமானால்; உருப்பெருக்கியின் கண்டுபிடிப்புக்களுடைய உதவியால் அது மிக பிரமாண்ட

மான அளவை அடைந்து, கணக்கற்ற உயிரணுக்களின் ஆழத்திற்குள் நீங்கள் உற்றுநோக்கி, எல்லா உயிருக்கும் மூலமான புரோட்டோபிளாசம் அங்கே ஓயாத கடல் அலே போன்று இடைவிடாது இயங்கிக் கொண்டிருப்பதைக் காணும் அளவுக்கு ஒளிபுகும் தன்மை பெறுமானல்; தரையின் அதிக ஆழத்தில் புதைந்து, பல மைல் தூரம் நீண்டுபரந்து, திரவ உணவை உறிஞ்சிக்கொண்டும் மண் துணுக்குகளே அரித்துக் கொண்டும் இருக்கும் வேரை இதே போன்று நீங்கள் மனக் கண்ணுல் காண முடியுமானல்; சூரியனின் கதிர்கள் நமது பூவுலகின்மீது உயிரின் எல்லாத் தோற்றங்களுக்கும் ஊற்றுக் கண்ணுன இரசாயன ஆற்றலாக மாற்றப்படும் அற்புதச் செயல்முறை எதில் நடைபெறுகிறதோ அந்த அற்பப் பசுங் கணிகம் பற்றிய கற்பனேயைப் பச்சை இலே உங்கள் அறிவில் உயிர்த்தெழச் செய்யுமானல்; சுறுசுறுப்பான பூச்சிகளால் சூழப்பட்ட பூவில் நீங்கள் அக்கறைக்குரிய வடிவத்தை மட்டுமேகாண்பதுடன்நின்றுவிடாமல் இயற்கையின் இரு உலகுகளே ஒன்றிணேக்கும் அற்புதப் பிணேப்புக்களேத் தன்னிச்சையின்றியே நினேவுகூர்வீர்களானல்; முடிவாக, அடர்ந்து மண்டிய காட்டுப் புதர் அல்லது தளதளப்பும் பசுமைச் செழிப்புமான புல்வெளியில் காட்டுப் புற்களும் பூண்டுகளும் நெருக்கமாகப் பின்னிப்பிணேந்து, தங்கள் பல்விளிம்புள்ள இலேகளின் அகன்ற பரப்புக்களே வெயிலில் பரப்பிக்கொண்டும், தங்கள் குறுகிய தாள்களே நீட்டிக்கொண்டும், ஏதேனும் பொறுக்கியெடுத்த இரைமீது தங்கள் கொடிக்கம்பிகளேச் சுற்றி இறுக்கிக்கொண்டும், அதன் உச்சியிலிருந்து வேருென்றை நோக்கி நீட்டிக்கொண்டும், எங்கும் எப்போதும் ஒரே போக்கை, அதாவது முடிந்தவரை பெரிய தரைப் பரப்பையும் அதிக அளவு காற்றையும் ஒளியையும் வசப்படுத்திக் கொள்ளும் போக்கை, வெளிப்படுத்திக்கொண்டும் இருக்கும் காட்சி—பழக்கமான இந்த அன்ருடக் காட்சி—உங்கள் மனதில் புதுக் கருத்துக்களின் முழுத் தொடரை, அங்கக உலகைத் தவிர்க்கவோ மாற்றவோ இயலாதவாறு கட்டுப்படுத்தி ஆண்டு செவ்வைப்பாட்டையும் ஒத்திசைவையும் நோக்கி அதை இட்டுச் செல்லும் விதிகளேப் பற்றிய கருத்துக்களே உங்கள் மனதில் தோற்றுவிக்குமானல்—ஒரு வார்த்தையில்

சொன்னால், தாவரத்தை ஒரு பார்வை பார்த்ததுமே உங்கள் மனதில் முடிவற்ற வரிசையான கேள்விகள், விடைகளைக் கோரும் கேள்விகள், எழுந்தால், இன்னும் மேலாக, இந்தக் கேள்விகளை இயற்கையிடமே கேட்டு அதனிடமிருந்தே விடைகளை வலிந்து பெறும் விருப்பம் உங்களுக்கு உண்டானால் —நமது நேரம் வீணாகவில்லை என்று நான் எண்ணுகிறேன். வருங்காலத்தில் இயற்கையில் உணர்வு பூர்வமான இன்பம் பெறும் சில கணங்களை உங்களுக்கு அளிப்பதன் மூலம், உங்களது நீண்ட பொறுமை சான்ற கவனத்துக்கு நான் அளிக்க வேண்டிய நன்றிக் கடனில் ஒரு பகுதியையே னும் செலுத்தும் வாய்ப்பு எனக்குக் கிடைத்தது என்ற எண்ணத்தால் நான் ஆறுதல் பெறலாம் என எண்ணுகிறேன்.

பின்னிணைப்பு

தாவரம் சக்தியின் மூலம் என்ற வகையில்[1]

''இரவியின் ஒரு கதிரேனும் மண்ணில்
இழிந்து வீணுகிடுமோ?
மரகதப் பச்சை இலைகளில் ஆர்ந்து
மறுவடி வெய்தாதோ?''

ஷெர்பிஞ

உணவு இல்லாவிட்டால் மனிதன் மெலிகிருன் என்பது நமக்குத் தெரியும். இந்த உண்மை தெளிவானது, எல்லோருக்கும் விளங்கக் கூடியது. ஏனென்ருல் மெலிதல், உணவின்மை என்ற இந்த இரண்டு நிகழ்ச்சிகளேயும் தர்க்க ரீதியாக இணைத்துப் பார்ப்பது ஒன்றும் கடினமல்ல. உலகில் உள்ள ஏனைய பொருள்களைப் போல் மனித உடல் தேய்கிறது, தன்னையே கரைத்துக்கொள்கிறது. உடலில் இதனுல் ஏற்படும் நஷ்டத்தை உணவு ஈடு செய்கிறது. உணவுப் பொருள் உடல் பொருளாக மாறுதல் அடைவதைக் கற்பனை செய்து கொள்வது கடினமல்ல. ஆனுல் இச்செயல்முறையின் எல்லா விவரங்களேயும் விஞ்ஞானம் விளக்குவதற்குள் இன்னும் எவ்வளவோ காலம் கழிந்துவிடும்.

---

[1] *1875 ஆண்டில் செயின்ட் பீட்டர்ஸ்பர்கில் தொழில் நுணுக்கக் கழகத்தில் நிகழ்த்திய பொதுவான விரிவுரை.*

உணவு நம் உடலில் ஏற்படுத்தும் விளைவின் வேறொரு அம்சம் மேற்குறித்த அம்சத்தைவிடக் குறைவாக அறியப் படாவிடினும், மிகக் குறைவாகவே புரிந்துகொள்ளப்பட்டிருக் கிறது. உணவு இன்மை அல்லது பற்றுக்குறையினால் சக்தி இழப்பு விளைகிறது. பசியுடன் இருக்கும் பொழுது மனிதன் பலவீனமடைகிறான், விலங்கும் அப்படியே. இழந்த வலுவை உணவு மறுபடியும் அளிக்கிறது. அங்கஜீவி அதிக வேலை செய்யச் செய்ய, அதிக உணவு அதற்குத் தேவை. கடினமான வேலையைக் குதிரை செய்ய வேண்டியிருந்தால் அதைச் செய்வதற்காக அதற்கு அதிகப்படியாக ஓட்ஸ் தானியம் கொடுக்கப்படுகிறது. இது நமக்குத் தெரியும். இந்த உண்மை எல்லோரும் அறிந்ததுதான், ஆனால் சிந்தனையால் மட்டுமே இதன் பொருள் விளங்கிவிடாது.

உணவு நமது உடல் என்னும் இயந்திரத்தை நிறுவு வதற்குப் பயன்படுவது மட்டும் அல்ல, இந்த இயந்திரத்தை அதுதான் இயக்குகிறது. உணவு கொள்வதன் மூலம் விலங்கும் மனிதனும் தமது உடலை மட்டுமின்றி ஆற்றலையும் அழியாமல் வைத்துக்கொள்கின்றனர். முன்னது புரியக் கூடியது ஆனால் பின்னது விளக்கப்பட வேண்டும். ஒரு மூடை ஓட்ஸ் தானியத்திலோ, ஒரு துண்டு ரொட்டியிலோ ஒரு துண்டு இறைச்சியிலோ எம்மாதிரிச் சக்தி மறைந்திருக்க முடியும் என்ற கேள்வி எழுகிறது. இதற்கு விடை காண்பது சுலப மானதல்ல. இந்தக் கேள்வியே ஒருவேளை எல்லோருக்கும் எழாது.

இந்தக் கேள்விகளுக்குரிய சரியான விடையை நாம் அறிந்துகொள்ளத் தாவரப் பொருள்களின் பண்புகள், அவை உற்பத்தியாகத் தேவையான நிபந்தனைகள் ஆகிய வற்றை ஆராய வேண்டும். விலங்கு உணவு மறைமுகமாகத் தாவர உணவிலிருந்தே உண்டாவதால் நாம் இதை ''தாவரப் பொருள்கள்'' என்று கூறுகிறோம். விலங்கு உடலால் மாற்றப்பட்ட புல் அல்லது தானியமே இறைச்சி ஆகும்.

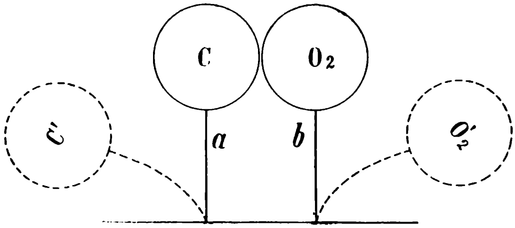
ஆனால் இப்பிரச்சினையை ஆராயத் தொடங்குவதற்கு முன்னால், நாம் பயன்படுத்தப் போகும் ஒரு சில சொற்களின் சரியான பொருளை வரையறுத்துக்கொள்ள வேண்டும். முதலா வது, சக்தி என்ற சொல்லிற்கு நாம் என்ன பொருள் கொள்

கிறோம்? இதை ஒரு சில உதாரணங்கள் கொண்டு விளக்க முயற்சி செய்வோம். இது போன்று விஞ்ஞான உண்மைகளை விளக்குவதற்கான இந்த முறை அவ்வளவு துல்லியமானதல்ல தான், ஆனால் இது மிகச் சுலபமானது, விரைவானது, எனவே இது தற்பொழுது மிகச் சௌகரியமான முறை.

தனது சொந்த அனுபவம், உணர்வு ஆகியவற்றிலிருந்தே மனிதன் சக்தி என்பதைப் பற்றி ஒரு கருத்தை உருவாக்கிக் கொள்கிறான். இயந்திரவியலில் சக்தி ''வேலை செய்யும் திறன்'' என்றும் ''வேலை என்பது தடைக்கு எதிரான இயக்கம்'' என்றும் வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. நமக்கு நன்கு தெரிந்த தசைச் சக்தியிலிருந்து தொடங்கி சக்தியின் சில வகைகளைக் காண்போம்.

இரண்டு எஃகுச் சுருள்கம்பிகளுடன் பொருத்தப்பட்ட இரண்டு காரீயக் குண்டுகள் C, O_2 (படம் 1) என்ற நிலைகளில் சுருள்கம்பிகளால் தாங்கப்பட்டு வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன என்று கருதுவோம். இந்தச் சுருள்கம்பிகளின் தடையையும் மீறி C′, O'_2 என்ற நிலைகளுக்கு குண்டுகளை நகர்த்துவதன் மூலம் இயந்திரவியலில் வழக்கமாகக் கூறப்படுவது போன்று நான் **வேலை** செய்கிறேன். பூமியிலிருந்து எடையைத் தூக்கு வதன் மூலம் பூமியின் மீது விழுவதற்கான அதன் முயற்சி யைத் தடுக்கும்போது, ஒரு வகையில் சொன்னால், அதைப் பூமியின் மேற்பரப்பிலிருந்து பிய்த்து எடுக்கும் போது நான் இதே போன்ற வேலையைச் செய்கிறேன். எடையைத் தூக்கு வது வேலைக்கு மிக எளிய உதாரணம் ஆகும்; போர்ட்டர் செய்யும் வேலை இதற்கு எடுத்துக்காட்டு. இவ்வித வேலையில் எடை அதிகமாக இருந்து அதை அதிக உயரத்திற்குத் தூக்கிச் செல்ல வேண்டியிருந்தால், அதிகச் சக்தியைச் செலவழிக்க வேண்டியிருக்கிறது என்பதை நாம் அறிவோம். ஒரு அலகு (அதாவது, ஒரு பவுண்டு அல்லது ஒரு கிலோகி ராம்) எடையை ஒரு அலகு (ஒரு அடி அல்லது மீட்டர்) உயரத்திற்குத் தூக்கினால் நாம் ஒரு அலகு வேலை செய்கிறோம். எனவே, அடி-பவுண்டு கிலோகிராம்-மீட்டர் என்பவை இயந்திர வேலையின் அலகுகள் ஆகும். இவற்றைக் கொண்டுதான் நாம் எல்லா வகையான வேலையையும் ஒப்பிடுகிறோம், அளக்கிறோம்.

இரண்டு குண்டுகளைப் பிரிக்கும் பொழுது இவ்வாறு நான் வேலை செய்தேன். நான் குறிப்பிட்ட அளவு சக்தியைச் செலவிட்டேன். இதைச் செய்த வேலையின் அளவு கொண்டு மதிப்பிடலாம். காரீயக் குண்டுகளுக்கு என்ன நேர்ந்தது என்று காண்போம். அவற்றின் ஒப்பு நிலை மாறிவிட்டது. அதோடு, எவ்வித வெளிச் சக்தியும் இன்றியே இயங்கும் திறனை அவை பெற்றுவிட்டன. நான் என் கைகளை எடுத்து



படம் 1

விடுகிறேன், அதாவது அவற்றின்மீது என் பாதிப்பை நிறுத்திவிடுகிறேன். குண்டுகள் இயங்குகின்றன. அவை பழைய நிலைக்கு வந்து ஒன்றுடன் ஒன்று மோதிக்கொள்கின்றன. நான் கொண்டுவந்த புதிய நிலையில் அவற்றிற்குச் சக்தி தோன்றுகிறது என்பது வெளிப்படை. நான் நகர்த்துவதற்கு முன் இருந்த நிலையில் அவற்றில் இந்தச் சக்தி இல்லை. இது உள்ளுறையும், ஆனல் இயக்கத்தின் வடிவில் வெளிப்படுவதற்கு ஒவ்வொரு கணமும் ஆயத்தமாயிருக்கும் சக்தி.

இந்த எளிய உதாரணம் சக்தியின் இரண்டு வெவ்வேறு நிலைகளை, ஒரு விதத்தில் சொன்னல் இரண்டு வகைகளைத் துலக்கமாக விளக்கிக் காட்டுகிறது. அவையாவன: **செயல்படும்** வெளிப்படையான சக்தி, இது இயக்கம் நிகழும் பொழுது (கை அசைதல், குண்டுகள் இயங்குதல்) வெளிப்படுகிறது; மற்றொன்று அடங்கிய, சேமித்து வைக்கப்பட்ட **உள்ளுறை** சக்தி; உதாரணமாக நாணேற்றிய வில்லின் சக்தி. இவ்வகைகளுக்கு ஏராளமான உதாரணங்களை நம்மைச் சுற்றிக் காண்கிறோம். உதாரணம் விழுந்து கொண்டிருக்கும்

எடைப் பொருளிலிருந்து வெளிப்படும் சக்தி, விழக் கூடிய நிலையில் இருக்கும் எடைப் பொருளில் சேமிக்கப்பட்டுள்ள சக்தி. இழுத்து விடப்பட்ட வில்லில் உள்ள சக்தி, நாண் ஏற்றப்பட்ட வில்லில் உள்ள சக்தி. இவையாவும் முறையே செயல்படும் சக்தி, உள்ளுறை சக்தி ஆகியவற்றிற்கு உதாரணங்கள். கீழே விழுந்த பின் எடைப் பொருளுக்கும் நாண் கழற்றப்பட்டபின் வில்லிற்கும் செயல்படுவதோ உள்ளுறைவதோ எந்த விதமான சக்தியும் இல்லை.

சக்தியின் இந்த இரண்டு வகைகளும் வெவ்வேறானவை என்பது தெளிவாகப் புலப்படுகிறது. முதல் உதாரணத்தில் அது வெளிப்படுகிறது. இரண்டாவது உதாரணத்தில் சக்தி வெளிப்படுவதற்கான **சாத்தியப்பாடு** மட்டுமே உள்ளது. இயக்கத்தின் விளைவாகவோ அல்லது தம் நிலை காரணமாகவோ (தூக்கப்பட்ட எடை, நமது பரிசோதனையில் தனியாகப் பிரிக்கப்பட்ட குண்டுகள்) பொருள்கள் சக்தி பெறுகின்றன என்று கண்டோம். முதல் வகைச் சக்தி **உண்மையான** அல்லது **இயங்கு** சக்தி என்று அழைக்கப்படுகிறது. நிலையைப் பொறுத்துத் தோன்றும் சக்தி **நிலைச் சக்தி** என்று அழைக்கப்படுகிறது. அதாவது, **விறைப்பு** நிலையில் உள்ள சக்தி என்பது பொருள். எனவே இயங்கும் பொழுது சக்தி வெளிப்படுகிறது, விறைப்பு நிலையில் மறைந்திருக்கிறது. இவ்விரு வகைகளையும் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றாக மாற்றலாம். காரீயக் குண்டுகள் இதற்கு வெளிப்படை உதாரணமாக விளங்குகின்றன. இந்தக் குண்டுகளைப் பிரிக்கப் பயன்பட்ட இயங்கு சக்தி மறைந்து விடவில்லை. ஆனால் அது நிலைச் சக்தியாக, சுருள் கம்பிகளின் விறைப்புத் தன்மையாக மாறிவிட்டது. இந்த நிலையில் அதைச் சேமித்து வைக்க முடியும். எப்பொழுது தேவைப்படுகிறதோ அப்பொழுது பயன்படுத்த முடியும். அதை மறுபடியும் இயங்கு சக்தியாக மாற்ற முடியும். இம்மாறுபாடுகளை உடனடியாகவோ அல்லது படிப்படியாகவோ விருப்பப்படி செய்ய முடியும். தினந்தோறும் நாம் கடிகாரத்திற்குச் சாவி கொடுக்கும் பொழுது சக்தியைச் சேமித்து வைக்கிறோம். சாவி கொடுக்கும் பொழுது கையிலிருந்து வெளிப்படுவது இயங்கு சக்தி. இது கடிகாரத்தின் சுருள்கம்பியின் நிலைச் சக்தியாக மாற்றப்படுகிறது. இது இருபத்து நான்கு

மணி நேரத்தில் படிப்படியாக இயங்கு சக்தியாக முட்களின் இயக்கத்தின் வடிவில் மாறுகிறது. முதுமைப் பருவத்திற்கு மனிதன் பணத்தைச் சேமித்து வைப்பதிலும் இது போன்ற செயல் ஒன்றைக் காண்கிறோம். தன்னுடைய அதிகப்படி இயங்கு சக்தியை (இயங்கு சக்தி என்பது இயந்திரச் சக்தி யாகவோ அல்லது அறிவுச் சக்தியாகவோ இருக்கலாம்) அவன் நிலைச் சக்தியாக மாற்றிவைக்கிறான். இயங்கு சக்தி முடி வடையும் பொழுது இதை அவன் பயன்படுத்த முடியும். இது போன்று இயக்கம் விறைப்பு நிலையாகவும், விறைப்பு நிலை இயக்கமாகவும் மாற்றப்படுவதை இயற்கையில் எங்கும் காண்கிறோம். இந்த மாற்றத்தை மனதில் கொண்டு நோக்கி னால் சக்தி என்பது வழக்கமாகப் புதிதாகத் தோன்றுவது மில்லை, மறைவதுமில்லை, அது நிரந்தரமானது என்ற முடிவிற்கு நாம் வருகிறோம். வேறு வார்த்தைகளில் சொன்னால், இயற் கையின் விசைகளின் மூலம் கணந்தோறும் பிரபஞ்சத்தில் செய்யப்படும் அல்லது செய்யப்படக் கூடிய வேலை அனைத்தும் அதிகரிப்பதுமில்லை, குறைவதுமில்லை, அப்படியே இருந்து வருகிறது என்ற உறுதி நமக்கு ஏற்படுகிறது. ''சக்தி அழியாமை'' விதி எனப்படும் இந்த மிக விரிவான பௌதிகப் பொதுமைப்பாடு பௌதிக இயலில் நமது திறமைகளால் அறியப்படக் கூடிய அளவுக்குத் தலைசிறந்த விதி ஆகும்.

இருப்பினும், சில சந்தர்ப்பங்களில் இவ்விதி பொருந் தவில்லை போலத் தோன்றுகிறது. சில சமயங்களில் சக்தி தன்னையே செலவழித்து விடுவது போலவும் இயக்கம், விறைப் புத் தன்மையாக மாறுவதற்குப் பதிலாக, மறைந்துவிடுவது போலவும் தோன்றுகிறது. நமது குண்டுகள் இதற்குச் சரியான உதாரணம். நான் அவற்றைப் பிரித்து, பின்பு விட்டு விடுகிறேன். அவை ஒன்றுடன் ஒன்று மோதிக்கொள்கின்றன. என் கையின் இயக்கத்தினால் பெற்ற சக்தி முழுவதையும் இந்த மோதலிலேயே இழந்து விட்டன போல் தோன்று கின்றன. அவை மேற்கொண்டு இயங்குவதில்லை. மேற்கொண்டு இயங்குவதற்கு, அதாவது விறைப்புத் தன்மை அடைவதற்கு, அவற்றிடம் திறமை இல்லை. சக்தி மறைந்து விட்டது போன்று தோன்றுகிறது. ஆனால் இது வெளித் தோற்றம் மட்டுமே.

குண்டுகள் ஒன்றுடன் ஒன்று மோதியதுமே அவற்றின் இயக்கம் நின்றதுமே மற்றொரு வகைச் சக்தியான வெப்பம் வெளிப்பட்டது. மோதும் பொழுது குண்டுகள் உஷ்ணமடைந்தன. இந்த உதாரணத்தில் இதை நிரூபிப்பது கடினம். ஏனென்றால் உஷ்ணநிலை உயர்வு மிக அற்பமானது. ஆனால் ஒரு தரமாவது சக்கிமுக்கி தட்டித் தீ மூட்டியவர்கள் இந்த விவரத்தைப் பற்றிச் சந்தேகப்பட மாட்டார்கள். இது போன்ற சக்தி மாற்றத்திற்கு உதாரணங்கள் ஒவ்வொரு அடியிலும் காணப்படுகின்றன. உலோகத் தகட்டில் துளையிடும் பொழுது துளைகளும் துறப்பணக் கருவியும் வெகுவாகச் சூடடைகின்றன. மரத்தை மரத்துடன் தேய்த்தால் அவை தீப் பற்றிக் கொள்கின்றன. இரயில் வண்டி திடீரென்று நிறுத்தப்பட்டால் பிரேக்குக்கு அடியிலிருந்து தீப் பொறிகள் பறக்கின்றன. திடமான பொருள் ஒன்றின் மீது மோதும் பொழுது துப்பாக்கி ரவை பாதி உருகுகிறது. இது போன்று இயந்திரச் சக்தி வெப்பச் சக்தியாக மாற்றப்படும் இந்த நிகழ்ச்சிகள் வெகு காலத்திற்கு முன்பே கவனிக்கப்பட்டன. இரண்டு நூற்றாண்டுகளுக்கு முன்பு பிரபல விஞ்ஞானியான பாயில் என்பவர் இவற்றால் தூண்டப்பட்டே ஒரு கருத்தை வெளியிட்டார். இது தற்காலத்தில்தான் விஞ்ஞான ரீதியாக விரிவாக்கப்பட்டுள்ளது. பாயில் பின்வருமாறு எழுதினார்: ''மரப் பலகையில் பெரிய ஆணி ஒன்றை அடிக்கும் பொழுது, அது சூடடைய வேண்டுமானால் பல தடவை அதன் மீது அடிக்க வேண்டியிருக்கிறது. ஆனால் அதைக் குமிழ்வரை அடித்துச் செலுத்தி மேற்கொண்டு நகர முடியாதபடி செய்ததும் ஒரு சில அடிகள் அடித்தாலே அது சூடடைந்துவிடுகிறது. சுத்தியலின் ஒவ்வொரு அடியும் ஆணியைக் கட்டைக்குள் மேலும் மேலும் ஆழமாகச் செலுத்தும் பொழுது அதன் முழுப் பிண்டத்திலும் முன்னேக்கிய இயக்கம் ஏற்படுத்தப்படுகிறது. இந்த இயக்கம் தடைப்பட்டவுடன், அடியினால் விளைவிக்கப்படும் அதிர்ச்சி ஆணியை மேற்கொண்டு செலுத்தவோ பிளக்கவோ இயலாமையால் அணுத்துணுக்குகளின் உள் ஊசலாட்டத்தின்மீது கட்டாயமாகச் செலவிடப்பட்டுத் தீர வேண்டியிருக்கிறது. இம்மாதிரிச் சலனமே வெப்பம் என்பதை நாம் அறிவோம்.''

வெப்பம் என்பது பொருளில் அணுத்துணுக்குகளின் கண்ணுக்குத் தெரியாத ஆனுல் உணரக்கூடிய விரைவான ஊசலாட்டமே என்று தற்கால பௌதிகம் உண்மையாகவே நமக்குக் கற்பிக்கிறது. எனது கையின் இயக்கத்திஞல் தோன்றிய குண்டுகளின் வெளிப்படையான இயக்கம் குண்டுகளின் அணுத்துணுக்குகளின் கண்ணுக்குத் தெரியாத இயக்கமாக மாறிவிட்டது. இந்த இயக்கம் (வெப்பம்) முதலில் குண்டுகளின் அருகில் உள்ள பொருள்களுக்குப் பரவுகிறது. அது மேலும் மேலும் பரவி வெளி முழுவதிலும் சிதறிவிடுகிறது. ஆனுல் அது சிதறுகிறதே தவிர அழிந்து விடவில்லை. குண்டுகளைப் பிரிக்க நான் கையாண்ட சக்தி முழுவதுமாக மறைந்து விடவில்லை. இந்த வேலையைச் செய்யும் பொழுது பிரபஞ்சத்தின் உஷ்ணநிலையை, கணக்கிட முடியாத இம்மி அளவுதான் என்ருலும், நான் உயரச் செய்துள்ளேன். இது போன்று இயந்திரச் சக்தி வெப்பச் சக்தியாக மாறும் பொழுதும், மறுபுறம் வெப்பச் சக்தி இயந்திரச் சக்தியாக மாறும் பொழுதும், நிலையான, கண்டிப்பான அளவு விகிதம் கடைப்பிடிக்கப்படுகிறது என்று எண்ணற்ற ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து தெரிய வருகிறது. குறிப்பிட்ட அளவு இயந்திர வேலை குறிப்பிட்ட அளவு வெப்பத்தையே தோற்றுவிக்கிறது, இதே போன்று குறிப்பிட்ட அளவு வெப்பம் குறிப்பிட்ட அளவு இயந்திர வேலையாகவே மாறுகிறது. இந்த நிலையான விகிதத்தைக் குறிக்கும் அளவு வெப்பத்தின் இயந்திரச் சமவலு என்று அழைக்கப்படுகிறது. இதைப் பல்வேறு வழிகளில் நிச்சயிக்கலாம். மிகவும் துல்லியமானதல்ல என்ருலும் மிகச் சுலபமான, புரியக் கூடிய முறையொன்று இங்கு விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. இம்முறையை வகுத்தவர் பிரான்ஸ் தேச விஞ்ஞானி ஹைர்ன் என்பவர். பரும்படியாக இம்முறை வருமாறு: பட்டறைக் கல் மீது வைக்கப்பட்டுள்ள காரீயத்தின் மீது கனமான சுத்தியல் குறித்த உயரத்திலிருந்து விழச் செய்யப்படுகிறது. இந்த அடியினுல் காரீயத் துண்டு சூடடைகிறது. மேலே விவரிக்கப்பட்டுள்ளது போலக் கிலோகிராம்-மீட்டர் என்னும் அளவு வேலையின் அலகாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. வெப்பத்தின் அலகாக, ஒரு கிலோகிராம் நீரை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேட் உயர்த்துவதற்குத் தேவை

யான வெப்பத்தை எடுத்துக்கொள்கிறோம். இப்பொழுது நமக்கு சுத்தியலின் எடையும் அது விழும் உயரமும் காரீயத்தின் எடையும் அது பெற்ற வெப்பத்தின் அளவும் தெரியும். இன்னும் வேறு சில விவரங்களும் நமக்குத் தெரியும், ஆனால் அவற்றை நாம் இங்கே குறிப்பிடப் போவதில்லை. இவற்றிலிருந்து எத்தனை அலகுகள் வேலை செய்யப்பட்டுள்ளது, இவை எத்தனை அலகுகள் வெப்பமாக மாறியுள்ளன என்று அறிந்துகொள்ளலாம். வெப்பத்தின் இயந்திரச் சமவலுவாக 426 என்ற எண் கணக்கீடுகளின் மூலம் கிடைத்தது. இந்த எண் வெப்பம் இயந்திர வேலையாகவும், இயந்திர வேலை வெப்பமாகவும் மாறும் நிலையான விகிதத்தைக் குறிக்கிறது. அதாவது, ஒரு அலகு வெப்பம் வேலையாக மாறுதலடையும் பொழுது 426 அலகுகள் இயந்திர வேலையாக வெளிப்படுகிறது. அதாவது 426 கிலோகிராம் எடையை ஒரு மீட்டர் உயரத்திற்கோ அல்லது ஒரு கிலோகிராம் எடையை 426 மீட்டர்கள் உயரத்திற்கோ தூக்குவதற்குச் சமமான வேலை செய்கிறது. அதே சமயத்தில் 426 அலகுகள் இயந்திர வேலை கொண்டு ஒரு கிலோகிராம் தண்ணீரை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேட் உஷ்ணநிலைக்கு உயர்த்த முடியும்.

இயந்திரச் சக்தி வெப்பமாக மாறுவதற்குப் பல உதாரணங்கள் கொடுத்தோம். வெப்பச் சக்தி இயந்திரச் சக்தியாக மாறுவதற்கும் உதாரணங்கள் உள்ளன. நீராவி எஞ்சின் இதற்கு நல்ல உதாரணம். எரி பொருள்கள் எரிவதால் தோன்றும் வெப்பம் நீராவியின் உதவியால் இயந்திரச் சக்தியாக மாற்றப்படுகிறது. சூரிய வெப்பம் காரணமாக பூமியில் உள்ள நீர் ஆவியாகிறது. அது குறிப்பிட்ட உயரத்திற்குச் சென்று மழையாகப் பூமியின் மீது பொழிகிறது. அந்த நீர் மலைகளிலிருந்து பள்ளத்தாக்குகளுக்கு ஓடுகிறது, அங்கிருந்து சமுத்திரத்தை அடைகிறது. வழி நெடுகிலும் அது இயந்திர வேலை செய்கிறது. உதாரணமாக அரைவை இயந்திரங்களை இயக்குகிறது. அதே சூரியனின் வெப்பச் சக்தி வாயு மண்டலத்தில் சில பகுதிகளை மட்டும் சூடுபடுத்திச் சூறுவளிகள், புயல்கள் என நாம் அழைக்கும் இயந்திரச் சக்தியின் பயங்கரத் தோற்றங்களை உண்டாக்குகிறது.

எனவே வெப்பச் சக்தி இயந்திர வேலையாக மாறுகிறது. இயந்திர வேலை வெப்பச் சக்தியாக மாறுகிறது. இம்மாறுபாடுகள் குறிப்பிட்ட கண்டிப்பான விகிதத்தில்தான் நிகழுகின்றன. ஒளி, மின்சாரம், இரசாயனக் கவர்ச்சி போன்ற இயற்கையின் வேறு சில ஆற்றல்களுக்கும் இது பொருந்தும். இவை யாவும் பரஸ்பரம் மாறக் கூடியவை. மாறுதல் உடனடியாக நிகழலாம், அல்லது விறைப்பு நிலை பெற்று மறைந்திருந்து பின்னர் ஏதாவதொரு வழியில் வெளிப்படலாம். வெவ்வேறு வகையான ஆற்றல்கள் ஒன்று மற்றொன்றாக மாற முடியும் என்ற இந்த விஷயத்தை இடைவிடாது மனதில் கொண்டால்தான் சக்தி அழியாமை விதி எவ்வளவு உண்மையானது என்பதை நாம் அறிந்து கொள்ள முடியும்.

வெப்பத்திற்கும் இரசாயனக் கவர்ச்சிக்கும் உள்ள உறவு என்ன என்பதைக் காண்போம். ஏனென்றால் இதன் மூலம் இவ்விரிவுரையின் ஆரம்பத்தில் நாம் கேட்ட கேள்விக்கு இயல்பாகவே திரும்பி விடுவோம். இரசாயனத்திலிருந்து மூலகங்களின் அணுக்களுக்குப் பல்வேறு அளவுகளில் இரசாயனக் கவர்ச்சி உண்டு என்பது தெரிய வருகிறது. பொருள்கள் பூமியை நோக்கி கவர்ச்சிக்கப்படுவது போல, சுருள் கம்பிகளின் செயலால் குண்டுகள் ஒன்றையொன்று நோக்கிச் செல்வது போல, பல்வேறு தன்மை வாய்ந்த பொருள்களின் அணுக்களும் ஒன்றையொன்று நோக்கிச் செல்லுகின்றன. இந்த இரசாயனக் கவர்ச்சியை விளக்க இந்த மாதிரி அமைப்பு பயன்படுகிறது. C என்னும் எழுத்தால் காட்டப்பட்டுள்ள குண்டு கார்பனைக் குறிக்கிறது. O_2 என்ற எழுத்தால் காட்டப்பட்டுள்ள குண்டு ஆக்ஸிஜனைக் குறிக்கிறது. கார்பன், ஆக்ஸிஜன் ஆகியவற்றின் அணுக்கள் இணைந்து கார்பனிக அமிலத்தை உருவாக்குகின்றன. இதில் இரண்டு ஆக்ஸிஜன் அணுக்கள் ஒரு கார்பன் அணுவுடன் இணைந்துள்ளன (CO_2) இதே போன்று ஹைட்ரஜனின் (H) அணுக்கள் ஆக்ஸிஜனின் அணுக்களுடன் இணைந்து தண்ணீரை (H_2O) உருவாக்குகின்றன. இதில் இரண்டு ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் ஒரு ஆக்ஸிஜனின் அணுவுடன் இணைந்து உள்ளன. அதே சமயத்தில் கார்பனின் அணுவிற்கும் ஹைட்ரஜனின் அணுவிற்கும் கவர்ச்சி ஒப்பு

நோக்கில் பலவீனமானது. எனவே இவை இரண்டும் இணைந் திருந்தாலும், கிடைக்கும் முதல் சந்தர்ப்பத்திலேயே ஆக்ஸி ஜனுடன் தனித்தனியே கூடித் தண்ணீரையும் கார்பனிக அமிலத்தையும் உருவாக்க முயற்சி செய்கின்றன.

கூடுகையின் பொழுது அணுக்களும் இந்தக் குண்டுகள் மோதுவது போலவே மோதுகின்றன. பொருள்கள் மோதும் பொழுது வெப்பம் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. இதே நிகழ்ச்சி அணுக்கள் மோதும் பொழுதும் தோன்றுகிறது. கார்பன், ஹைட்ரஜன் ஆகியவற்றின் அணுத்துகள்கள் ஆக்ஸிஜன் அணுத்துகள்களுடன் மோதுவதைத்தான் நாம் எரிவு என் கிறோம். இரும்பு தீக்கல்லுடன் மோதும் பொழுது வெப்பமும் ஒளியும் தோன்றுவது போல நிலக்கரி வாயுவில் உள்ள கார்பன் துகள்களும் ஹைட்ரஜன் துகள்களும் காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜனுடன் மோதும் பொழுது நாம் எரிவாயு சுவாலையில் காணும் வெப்பமும் ஒளியும் தோன்றுகின்றன. இவற்றிற்குரிய வேறுபாடு என்னவென்றால் முதல் உதாரணத்தில் நாம் இயக்கத்தையும் (மோதுதல்) அதைச் சார்ந்து தோன்றும் நிகழ்ச்சிகளையும் (ஒளி, வெப்பம்) காண்கிறோம், இரண்டா வது உதாரணத்தில் நாம் நிகழ்ச்சிகளை மட்டுமே காண்கிறோம். அணுத்துகள்களின் மோதுதலைப் பற்றி விளைவுகளிலிருந்தே அறிந்துகொள்கிறோம். எரிவதற்கு முன்பு இருந்தவை ஹைட்ரோகார்பனும் (கார்பன், ஹைட்ரஜன் ஆகியவை அடங்கிய கூட்டுப் பொருள்), நிலக்கரி வாயு**வும்** ஆக்ஸிஜனும் எரிதல் முடிந்தபின்பு கார்பனிக அமிலமும் தண்ணீரும் உள்ளன.

எனவே C' என்ற குண்டு O'_2 என்ற குண்டிற்கு எந்த உறவு நிலையில் இருக்கிறதோ ஆக்ஸிஜனுக்கு அதே உறவு நிலையில் கார்பன், ஹைட்ரஜன் ஆகியவற்றின் அணுக்கள் ஒவ்வொன் றும் இருக்கின்றன. குண்டுகளைப் போன்று அவை விறைப்பு நிலையில் உள்ளன. அவற்றில் மறைந்திருக்கும் **நிலைச் சக்தி** உள்ளது. இந்தச் சக்தியை நாம் **இரசாயன நாட்டம்** அல்லது **இராசாயனக் கவர்ச்சி** என்று அழைக்கிறோம். ஆக்ஸிஜன், கார்பன் ஆகியவற்றின் தனிப் பிரிந்த அணுக்கள் மறைந் திருக்கும் **நிலைச் சக்திக்கு** உதாரணமாக விளங்குகின்றன. எரிதலில் இந்த அணுக்கள் மோதும் பொழுது இச்சக்தி

இயக்கச் சக்தியாக மாறுகிறது, அதாவது அது வெப்பமாகவும் ஒளியாகவும் மாறுகிறது.

கார்பனின் அணுக்களின் விறைப்பு நிலே, ஆக்ஸிஜன் அணுக்களுடன் கூடுவதற்கான அவற்றின் போக்கு போன்ற விஷயங்கள் அன்ருட வாழ்வில் நமது கவனத்தைக் கவருவதில்லே. ஏனென்ருல் இவை கூடுவதற்கு ஒரு ஊக்கி தேவைப்படுகிறது. நிலக்கரியை எரிக்க நாம் அதற்குத் தீ மூட்ட வேண்டும், அதாவது எரிவுச் செயல்முறையை வெளியிலிருந்து துவக்கி வைக்க வேண்டும். கார்பன் ஆக்ஸிஜனேடு கூடுவதற்குரிய இந்தப் போக்கு தாளுக நிகழும் எரிவில் தெளிவாகக் காணப்படுகிறது. போர்களில் மட்கிக் கொண்டிருக்கும் தீனிப்புல் தாளுகத் தீ பற்றிக்கொள்ளும். இது எல்லோருக்கும் தெரியும். ஆளுல் சமீப காலத்தில்தான் இந்த நிகழ்ச்சியை ஜெர்மனியில் ஆராய்ச்சி செய்தார்கள். பெரிய தீனிப்புல் போர்களிலிருந்து புகை வந்ததிளுல் தாளுக எரிவு நடந்திருப்பது புலளுகவே அவை பிரிக்கப்பட்டன. இவற்றில் உட்பக்கம் இருந்த புல் கருகியிருப்பதைக் கண்டார்கள். அங்கு உள்ள மிருதுவான பளபளக்கும் காரீயம் போன்ற கார்பன் காற்றுப் பட்டவுடன் தீப் பற்றிக்கொண்டது. இதே போன்று, தாளுகப் பற்றி எரியும் கார்பனேக் காற்று இல்லாத இடத்தில் தீனிப்புல்லேக் கருக்குவதன் மூலம், உதாரணமாக அடைக்கப்பட்ட கண்ணுடிக் குழாயில், தயாரிக்கலாம். இவ்வாறு தயாரிக்கப்பட்ட கார்பன் காற்றுப் பட்டவுடனே தீப் பற்றிக்கொள்கிறது. இது போன்ற ஏனேய உதாரணங்கள் எரிதல் தாளுக, அதாவது நெருப்பு மூட்டப்படாமலே, நிகழ முடியும் என்பதை எடுத்துக்காட்டுகின்றன.

கார்பன், ஹைட்ரஜன் ஆகிய இரண்டிற்கும் தனித்தனியாக ஆக்ஸிஜனுடன் கூடவும் அவ்வாறு கூடுகையில் வெப்பத்தையும் ஒளியையும் வெளிப்படுத்தவும் ஆன பண்பு உண்டு. எனவே அவற்றில் இரசாயன விறைப்பு நிலேயில் சக்தி சேமித்து வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதே விஷயம் கார்பன், ஹைட்ரஜன் ஆகியவற்றின் கூட்டுப் பொருள்களுக்கும் அல்லது ஆக்ஸிஜனுடன் கூடும் தன்மையுள்ள, அதாவது எரியும் தன்மையுள்ள, எந்தப் பொருள்களுக்கும் பொருந்தும்.

தாவரங்களும் விலங்குகளும்—எல்லா அங்கக உடல் களும்—எவற்ருல் கட்டப்பட்டுள்ளனவோ அந்தப் பொருள் கள் யாவும் எரியும் தன்மை உள்ளவை. எனவே அவை யாவும் உள்ளுறை சக்தியின் சேமிப்புக்கள்.

நமது இயந்திரங்களில் மரம் அல்லது நிலக்கரியை எரிக் கும் பொழுது இந்த உள்ளுறை சக்திச் சேமிப்புக்களை நாம் பயன்படுத்துகிருேம். நிலை இரசாயனச் சக்தி இச்செயல் முறையின் பொழுது வெளிப்படை இரசாயனச் சக்தியாக, துணுக்குகளின் இயக்கமாக, அதாவது வெப்பமாக மாறுகிறது. இந்த வெப்பம் வெளிப்படையான இயந்திர வேலையாக மாறுகிறது. இவ்வாறு இது இரயில் எஞ்சின்களின் இயக்கம் போலப் பொருள்களின் புலப்படும் இயக்கமாக மாறுகிறது.

எரிதலில் நிகழ்வது போன்று சக்தி வெளிப்படையாக விடுபடாமலே, கார்பன், ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் ஆகிய வற்றின் அணுக்கள் மோதலாம். புலப்படும் ஒளியைத் தோற்றுவிக்காமலே, உயர்ந்த உஷ்ணநிலையை ஏற்படுத் தாமலே அவை கூட முடியும். கூடுகை திடீரென்று நிகழாமல் படிப்படியாக நிகழ்ந்தால் இது நடைபெறுகிறது. இவை இரண்டு உதாரணங்களிலும் குறித்த அளவு கார்பனின் எரிவிஞல் விடுவிக்கப்படும் வெப்பத்தின் அளவு ஒன்ருகவே இருக்கும். ஆஞல் முதல் உதாரணத்தில் இது நடைபெற அதிக நீண்ட நேரம் ஆகிறது எனவே குறைவாகவே புலப் படுகிறது. இது போன்ற மெதுவான எரிதலுக்கு மிகச் சிறந்த உதாரணம் சுவாசம். மனிதன், விலங்கு போன்ற சுவாசிக்கும் உயிர்கள் எல்லாம் மெதுவாக எரிந்து தீர்ந்து கொண்டிருக் கின்றன. இதைச் சுண்டெலி அல்லது பறவை அல்லது மெழுகு வர்த்தியை மணி ஜாடியில் வைத்து நிரூபித்துக் காட்டலாம். விளைவுகள் ஒரே மாதிரியாக இருப்பதை நாம் விரைவில் காண்போம். மெழுகுவர்த்தி அணைந்து விடும், விலங்கு இறந்து விடும்; மணி ஜாடியில் ஆரம்பத்தில் இருந்த காற்றில் ஆக்ஸிஜன் இருந்தது, கார்பனிக அமிலம் இல்லை. பரிசோ தனை முடிந்த பின்பு உள்ள காற்றில் கார்பனிக அமிலம் இருக் கிறது, ஆக்ஸிஜன் பொருத்தமான அளவு குறைந்துவிட்டது. இந்த வழியில் உயிருள்ள அங்கஜீவி ஒவ்வொன்றின்

உடலிலும் உள்ள கார்பன் காற்றில் உள்ள ஆக்ஸிஜனுடன் இடைவிடாது கூடி எரிந்து கார்பனிக அமிலமாக மாறுகிறது.

இதுபோன்று தொடர்ந்து நடைபெறும் தனது உடலின் தேய்வை ஈடுகட்டுவதற்காக மனிதன் கார்பனைக் கொண்ட உணவுப் பொருள்களைப் புதிதாக உண்ண வேண்டியிருக்கிறது. எரிபொருள் இயந்திரத்தில் செய்யும் வேலையை உணவு உடலில் செய்கிறது. அதாவது அது எரிகிறது. ஆனால் நேரடியாக இன்றி, முதலில் உடலின் பகுதிப் பொருளாக மாற்றப்பட்டு பின்பு மறைமுகமாகத்தான் எரிகிறது. அங்கஜீவி பொருள் வடிவில் இழப்பதை எல்லாம் சக்தி வடிவில் திரும்பிப் பெறுகிறது. ஆனால் பின்வரும் கூற்றை நாம் நிலைப் பிரமாணமாக ஏற்றுக்கொள்ளலாம் என்று பிரபல உடலியல் அறிஞரான கிளாட் பெர்னார்ட் என்பவர் கூறுகிறார்: **''உயிர் வாழும் அங்கஜீவியில் நிகழும் ஒவ்வொரு செயலும், அதன் உடலில் உள்ள ஒரு பகுதி பொருளின் அழிவுடன் தொடர்புள்ளது.''** அங்கஜீவியிலும் இயந்திரத்திலும் குறிப்பிட்ட விகிதத்தில் பொருள் எரிகிறது. இதை ஒட்டி வெப்பமோ அல்லது வெப்பம் மாற்றப்படும் தசை இயக்கம் போன்ற இயந்திர வேலையோ வெளிப்படுகிறது. பிராங்கிலாண்ட் என்பவரின் கருத்துப்படி ஒரு பவுண்டு ரொட்டியில் சுமாராக 75,000 அடி-பவுண்டுகள் நிலைச் சக்தி உள்ளது. எஞ்சினைப் போலவே அங்கஜீவியும் எரிபொருளின் வடிவில் தனக்குள் சேமிக்கப்படும் எல்லாச் சக்தியையும், அதாவது தனது உணவின் ஆக்ஸிகரணிக்கப்படக் கூடிய பகுதிகளின் நிலைச் சக்தி அனைத்தையும், பயனுள்ள வேலையாக மாற்ற முடியாது என்பதில் சந்தேகமில்லை. ஆயினும் வாழும் அங்கஜீவி இவ்விஷயத்தில் எந்த நீராவி எஞ்சினையும் பெரிதும் விஞ்சிவிடுகிறது என உடலியல் பரிசோதனைகள் நிரூபிக்கின்றன.

* * *

மேலே நாம் கேட்ட கேள்விக்குரிய விடையைக் காண இது வரை செய்த முயற்சியின் விளைவாக நமது உணவில் எத்தகைய சக்தி அடங்கியுள்ளது என்பதை நாம் ஏற்கனவே

அறிவோம். அதில் உள்ளது கார்பன், ஹைட்ரஜன் ஆகியவற்றின் உள்ளுறை சக்தி, இவை காற்றில் உள்ள ஆக்ஸிஜனுடன் கூடுவதற்கு எப்பொழுதுமே தயாராயிருக்கின்றன. நமது ஆராய்ச்சியில் இந்தக் கட்டத்தில் புதியதொரு பிரச்சினை எழுகிறது. மரம் எரிகிறது, விலங்குகள் எரிகின்றன, மனிதன் எரிகிறுன், எல்லாப் பொருள்களும் எரிகின்றன. ஆனுல் ஒன்றுமே எரிந்து அழிந்து விடுவதில்லை. காடுகள் எரிந்து விடுகின்றன, ஆனுல் தாவர வர்க்கம் அழிவதில்லை. தலைமுறைகள் கழிகின்றன, ஆனுல் மனித குலம் எப்போதும் வாழ்கிறது. எல்லாம் எரிய மட்டுமே செய்தால் பூமியில் விலங்குகளோ, தாவரங்களோ இரா. கார்பனிக அமிலமும் நீரும்தான் மிஞ்சும்.

எனவே இயற்கையில் வேறொரு செயல்முறை, எரிவுக்கு எதிரான செயல்முறை ஒன்று நிகழ்ந்து கொண்டிருக்க வேண்டும். அறவே எரிந்து தீர்ந்துவிட்ட பொருள்கள் இந்தச் செயல்முறையின்போது மறுபடியும் எரியக் கூடிய பொருள்களாக மாற்றப்பட வேண்டும். கார்பனிக அமிலம் உருவாதலைத் தொடர்ந்து எதிர்ச் செயல்முறை ஒன்று, எங்கும் பரவிய எரிவினுல் உண்டாக்கப்படும் கார்பனிக அமிலம் சிதைக்கப்படுதல் நிகழ வேண்டும்.

இயற்கையில் இந்தச் செயல்முறையின் தர்க்க ரீதியான இன்றியமையாமையை முதன் முதலில் கண்டுபிடித்தவர் பிரபல இரசாயன அறிஞரான பிரீஸ்ட்லி என்பவராகும். உண்மையில் இந்தக் கருத்து தற்பொழுது நமக்குத் தோன்றும் அதே வடிவிலோ அல்லது அவ்வளவே துல்லியமாகவும் தெளிவாகவுமோ அவருக்குத் தோன்றியிருக்காது தான். அந்த ஒளிவீசும் பகுப்பாய்வு முடிவு, உயிரியலில் ஒரு மிகப் பெரிய கண்டுபிடிப்புக்கு உலகம் எதற்குக் கடமைப்பட்டிருக்கிறதோ அந்த மேதைவாய்ந்த சிந்தனை வீச்சு, இதனுலேயே நம்மை இன்னும் அதிக வியப்பில் ஆழ்த்துகிறது. குறிப்பிட்ட கன அளவுள்ள காற்றில் நிகழும் நீடித்த எரிவு அல்லது நீடித்த சுவாசம் அக்காற்றை மேற்கொண்டு எரிவிற்கோ அல்லது சுவாசத்திற்கோ தகுதியற்றதாக்கி விடுகிறது; இக்காற்றில் எரியும் மெழுகுவர்த்தியை வைத்தால் அது அணைந்துவிடுகிறது, விலங்கு இறந்து விடுகிறது எனத்

தொடர்ச்சியான ஆராய்ச்சிகளால் பிரீஸ்ட்லி நிரூபித்தார். எனவே வாயு மண்டலம் முழுவதுமே எரிதலுக்கும் வாழ்க்கைக் கும் தகுதியற்றதாகிவிட வேண்டும் என்று பிரீஸ்ட்லி கூறினர். இருப்பினும் பல ஆயிரக்கணக்கான வருடங்களாக உலகம் நிலவிவருவது இதற்கு நேர்மாருன சான்றே தருகிறது. இந்தக் கெட்ட காற்றை **நல்ல** காற்ருக மாற்ற இயற்கையில் ஒரு செயல்முறை நிலவுகிறது என்பது வெளிப்படை. இது தாவரங்களால் நிகழவில்லையா? 1772ம் ஆண்டு ஆகஸ்ட் மாதம் 18ம் தேதி பிரீஸ்ட்லி பின்வரும் பரிசோதனையைச் செய்தார். நீரின் மீது கவிழ்த்தி வைக்கப்பட்ட மணி ஜாடியி னுள் ஏற்கனவே ஒரு மெழுகுவர்த்தி அணைந்து அல்லது சுண் டெலி இறந்து விட்ட பிறகு அவர் செடி ஒன்றை (புதீனு) வைத்தார். அங்கு இச்செடி இறக்கவில்லை, அது தொடர்ந்து வளரக்கூடச் செய்தது. சில நாட்கள் கழித்து சுண்டெலி அல்லது எரியும் மெழுகுவர்த்தி மணி ஜாடியினுள் வைக்கப் பட்ட போது மெழுகுவர்த்தி அணையவில்லை, எலி இறக்க வில்லை. இதிலிருந்து மணி ஜாடியில் இருந்த காற்று புதுப் பிக்கப்பட்டு விட்டது என்றும் எரிதலுக்கும் சுவாசத்திற்கும் துணை செய்யும் தன்மை பெற்றுவிட்டது என்றும் தோன்றி யது. எந்த அறிவுத் துறையிலும் எந்தக் காலத்திலும் ஒரு பரிசோதனையின் முடிவுகள் இவ்வளவு சிறப்பாக அமைய வில்லை. தாவரங்கள், விலங்குகள் ஆகியவற்றின் மிகச் சிறப்பான பண்புகளும் இயற்கையின் இவ்விரு பிரிவுகளுக்கிடையே நிலவும் பரஸ்பர உறவும் இதே சோதனைத் தொடரால் புலப்படுத்தப்பட்டன. இக்கண்டுபிடிப்பின் முக்கியத்துவத்தை பிரீஸ்ட்லி காலத்து விஞ்ஞானிகள் முழுமையாக மதிப் பிட்டனர். ராயல் கழகம் அவருக்கு மதிப்புயர்ந்த காப்லே மெடல் கொடுத்தது. ராயல் கழகத்தின் தலைவரான சர் ஜான் பிரிங்கிள் என்பவர் பிரீஸ்ட்லியின் சாதனையின் முக்கியத்துவத்தை ஓரளவு அலங்கார சாதுரியம் கொண்டவை எனினும் வன்மை மிக்க பின்வரும் சொற்களில் வெளியிட்டார்:

''எந்த ஒரு தாவரமும் பயன் எதுவுமில்லாமல் வளர் வதில்லை என்பதை இக்கண்டுபிடிப்பு உறுதிப்படுத்துகிறது.

காட்டிலுள்ள ஓக் மரத்திலிருந்து வயலிலுள்ள புல் வரை ஒவ்வொரு தனித் தாவரமும் மனிதகுலத்துக்குப் பயன்படுகின்றது. ஒவ்வொரு தாவரமும் அதற்குரிய சிறப்பான தனிப் பயன் எதுவும் இல்லாவிட்டாலும் நமது வாயு மண்டலத்தைச் சுத்தம் செய்து தூய்மைப்படுத்தும் தாவர உலகின் ஒரு பகுதியாகத் தொண்டாற்றுகிறது. இந்த வேலையில் நறுமணம் வீசும் ரோஜாப் பூவும் விஷத் தன்மை வாய்ந்த நைட்ஷேட் செடியும் ஒத்துழைக்கின்றன. புற்பூண்டுகளோ அல்லது மக்கள் வசிக்க முடியாத நெடுந்தொலை இடங்களில் உள்ள காடுகளோ நமக்குப் பயனற்றவை அல்ல; நம்மால் மாசுபடுத்தப்பட்ட வாயுவை வீசு காற்று எவ்வாறு இடைவிடாமல் அடித்துச் சென்று நமக்கு நன்மையும் தாவரங்களுக்கு ஊட்டமும் அளிக்கிறது என்பதைக் கருதும்போது நாமும் அவற்றுக்குப் பயனற்றவர்கள் அல்ல.''

சுவாசத்தின்மூலம் அசுத்தமடைந்த காற்றைத் தாவரம் சுத்தப்படுத்துகிறது. இதனுல் அக்காற்று மறுபடியும் சுவாசத்திற்குப் பயன்படும் தன்மை பெறுகிறது. இதுதான் பிரீஸ்ட்லி பெற்ற முடிவு. இதை அடுத்து விரைவில் அவர் ஆக்ஸிஜனைக் கண்டுபிடித்ததும் கார்பனிக அமிலத்தின் இரசாயன அமைப்பை நிச்சயித்ததும் இரு அங்ககப் பிரிவுகளுக்குமிடையே உள்ள இந்தத் தொடர்பின் இயல்பு தெளிவாயிற்று. விலங்கு ஆக்ஸிஜனை உட்கொண்டு கார்பனிக அமிலத்தை வெளிவிடுகிறது; தாவரம் கார்பனிக அமிலத்தை உட்கொண்டு ஆக்ஸிஜனை வெளிவிடுகிறது, அது கார்பனைச் சேமித்துவைக்கிறது (வீழ்படிவாக்குகிறது). தாவரங்களும் விலங்குகளும் இரசாயன எதிர்நிலைப் பொருள்கள். கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைத்து காற்றை மீண்டும் நல்லதாக்கும் இச்செயல்முறைக்கு இன்னும் முக்கியமான மற்றொரு வேலையும் உண்டு என்பதைத் தொடர்ச்சியாக மேற்கொண்டு செய்யப்பட்ட பரிசோதனைகள் காட்டின. அதாவது இதன் மூலம் தாவரத்துக்கு உணவு கிடைக்கிறது. கார்பன் தாவரத்தினுள்ளே தங்கி அதன் அங்ககப் பொருளாக மாறித் தாவரத்தின் உடலைக் கட்டுவதற்குப் பயன்படுகிறது. எனவே வாயு மண்டலக் கார்பனிக அமிலம்தான் தாவரத்தின் முக்கிய உணவாகக் கருதப்பட வேண்டும் என்று

ஆகிறது. இந்த வேலையை மண்ணில் உள்ள கரு நிறத் துணுக்குகள்—அதாவது மட்கு—செய்கின்றன என்று நீண்ட காலமாகக் கருதப்பட்டு வந்தது. ஆனால் இக்கருத்து சரியல்ல என்று பரிசோதனைகள் நிரூபித்துவிட்டன.

எந்த விஞ்ஞானிக்கும் ஏற்படாத ஒரு பெருத்த ஏமாற்றம் பிரீஸ்ட்லிக்கு ஏற்பட்டது. தமக்கு அவ்வளவு புகழ்தேடித் தந்த பரிசோதனையைச் சிறிது காலத்துக்குப் பின் திருப்பிச் செய்ய முயன்ற பொழுது அவர் தோல்வியுற்றார். அவருக்குப் பழைய விளைவுகள் கிடைக்கவில்லை. தாவரங்கள் முன்பு செய்தது போன்று கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைத்து ஆக்ஸிஜனை வெளிவிடப் பிடிவாதமாக மறுத்து விட்டன. இந்த ஏமாற்றத்தினால் தமது முந்திய பரிசோதனை கள்மீது அவரது நம்பிக்கை குலைந்து விடவில்லை, எனினும் பரிசோதனைக்குரிய முக்கிய நிபந்தனைகளில் ஒன்று கவனிக்காமல் விடப்பட்டுவிட்டது என்பதும் அதனால்தான் பரிசோதனையைத் திருப்பிச் செய்ய முடிய வில்லை என்பதும் தெளிவாயின. பிரீஸ்ட்லி கவனிக்காமல் விட்ட நிபந்தனையைப் பின்னால் இன்கேன்ஹாவுஸ் என்பவர் கண்டுபிடித்தார். இக்கண்டுபிடிப்பை நன்கு அறிந்துகொள்ள இந்த நிகழ்ச்சியின் இயல்பையே சற்று விரிவாக விவரிப் போம்.

நாம் முன்பு குறிப்பிட்ட குண்டுகளுக்குக் கடைசி முறை யாகத் திரும்புவோம். இரண்டு குண்டுகள் ஒன்றுடன் ஒன்று மோதுவதை நாம் இரசாயனக் கூடுகை அல்லது எரிவுடன் ஒப்பிட்டோம். இச்செயல்முறையின் பொழுது விடுவிக்கப் படும் வெப்பமும் ஒளியும் இந்தப் பொருள்களின் நாட்டத் தை அல்லது விறைப்புத் தன்மையை அதாவது, இவற்றின் பரஸ்பரக் கவர்ச்சியை (நமது படத்தில் சுருள்கம்பிகளின் விறைப்புத் தன்மை இதைக் குறிக்கிறது) அளக்கப் பயன் படுகின்றன. குண்டுகளை மறுபடி பிரிப்பதற்கு, அவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொடர்பை அறுப்பதற்கு, அவற்றைப் பழைய சுயேச்சை நிலைக்குக் கொண்டுவருவதற்கு, நாம் மாறாகச் சக்தியைச் செலவிட வேண்டியிருக்கிறது, அவை மோதும் பொழுது வெளிவந்த சக்திக்குச் சமமான சக்தியைச் செலவிட வேண்டியிருக்கிறது. இதிலிருந்து எரிதலுக்கு

எதிரான நிகழ்ச்சியுடன் சக்தி விடுபடுவதோ விரிவடைவதோ அல்ல, அது உட்கொள்ளப்படுவதும் செலவிடப்படுவதும் நிகழ வேண்டும் என்பது தெரிகிறது. கூடுகை, அதாவது எரிவு, தானுக நடைபெறுகிறது, ஆனுல் சிதைவிற்கோ வெளி ஆற்றல் பங்குகொள்வது தேவைப்படுகிறது. நிலக்கரியை எரிக்க நாம் அதற்குத் தீ மூட்ட வேண்டும். இதற்குப் பின்பு அது வெளி உதவியின்றித் தானுகவே எரிகிறது. சில உதார ணங்களில் நிலக்கரி காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜனுடன் தொடர்பு பெறும்பொழுது தானுகவேயும் எரியக் கூடும் என்று நாம் பார்த்தோம். அதே சமயத்தில் கார்பனிக அமிலத்தையும் தண்ணீரையும் சிதைக்க நாம் மிக அதிகமான உஷ்ணநிலேக்கு அவற்றை உள்ளாக்க வேண்டியிருக்கிறது. இத்தகைய உறுதி யான கூட்டுக்களேச் சிதைப்பது ஆக்ஸிஜன் மீது இன்னும் அதிகக் கவர்ச்சியுள்ளதும் எனவே ஹைட்ரஜன், கார்பன் ஆகியவற்றிலிருந்து ஆக்ஸிஜனேப் பிரிக்கும் தன்மையுள்ளதும் ஆன மூன்ருவது பொருள் ஒன்றின் உதவியினுல்தான் நடைபெற முடியும் என்று இதற்கு முன்பு கருதப்பட்டது. ஆனுல் சமீப காலத்தில்தான் இம்மூன்ருவது பொருளின் உதவி இல்லாமலேயே நடைபெறும் சிதைவு அல்லது ரசாயனப் பரிபாஷையில் கூட்டுப்பிரிவு எனப்படும் நிகழ்ச்சி களே இரசாயன அறிஞர்கள் கவனித்தார்கள். கார்பனிக அமிலமும் தண்ணீரும் பிரிவதற்காக அவை பழுக்கக் காய்ச்சிய குழாய்களின் வழியாகச் செலுத்தப்பட வேண்டும். இவ்வாறு இவற்றின் துணுக்குகளுக்குப் பரவும் இயக்கத் தின், அதாவது வெப்பத்தின் பாதிப்பினுல், அவற்றிற்கு இடையே உள்ள இணேப்பு ஒரு வகையில் தளர்கிறது. இக்கூட்டுப் பொருள்கள் அவற்றின் பகுதிப் பொருள்களாகப் பிரிகின்றன. இவற்றை உடனே நீக்கிவிட வேண்டும். இல்லா விட்டால் இவை குளிர்கையில் மறுபடியும் ஒன்று சேர்ந்து விடும், நம்மால் இவற்றை முழுமையாகப் பிரிக்க இயலாது. கூடும் பொழுது வெளிவிடப்படும் வெப்பத்தின் அளவும், சிதையும் பொழுது உட்கொள்ளப்படும் வெப்பத்தின் அளவும் கண்டிப்பாக வரையறுக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு பவுண்டு கார்பன் கார்பனிக அமிலமாக ஆக்ஸிகரணம் அடையும் பொழுது எத்தனே அலகுகள் வெப்பம் வெளிவிடப்படு

கிறதோ அத்தனை அலகுகள் வெப்பம்தான் ஒரு பவுண்டு கார்பன், கார்பனிக அமிலத்திலிருந்து விடுபடும் பொழுது உட்கொள்ளப்படுகிறது.

இவ்விதமாகத் தாவரத்தில் கார்பனிக அமிலம் சிதையும் பொழுது வெப்பம் (பொதுவாகச் சொன்னால் சக்தி) உட்கொள்ளப்பட வேண்டும், இவ்வாறு தாவரத்தில் வீழ்படிவாகக் கிடைக்கும் கார்பனின் அளவு உட்கொள்ளப்பட்ட இந்த வெப்பத்தை அளக்கப் பயன்படலாம் என்ற முடிவுக்கு நாம் வருகிறோம். ஆனால், தனக்கு இவ்வளவு தேவையான இந்தச் சக்தியைத் தாவரம் எங்கிருந்து பெறும்? அது சக்தியைப் படைக்க முடியாது, ஏனெனில் சக்தி படைக்கப்பட இயலாதது. தாவரம் அதை வெளியிலிருந்துதான் பெற வேண்டும் என்பது தெளிவு. வெளி ஊற்றுக்கண்ணிலிருந்து தொடர்ச்சியாகச் சக்தி கிடைத்தால்தான் தாவரத்தில் கார்பனிக அமிலச் சிதைவு நிகழும். இந்த நிபந்தனையைத்தான் பிரீஸ்ட்லி கவனிக்காது விட்டுவிட்டார். இதைக் கண்டு பிடித்ததினால் இன்கேன்ஹாவுஸ் பிரபலமடைந்தார்.[1] இவர், தாவரத்தினுள் கார்பனிக அமிலம், சூரிய ஒளி படும் பொழுது மட்டும்தான் சிதைகிறது என்று எடுத்துக் காட்டினார். பிரீஸ்ட்லி பின்னால் செய்த பரிசோதனைகளில் போதுமான சூரிய ஒளி தாவரங்களுக்குக் கிடைக்கவில்லை போலும், இதனால் அவை கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைக்கவில்லை போலும்.

கார்பனிக அமிலம் சிதையும் பொழுது ஆக்ஸிஜன் துணுக்குகளிலிருந்துகார்பன் துணுக்குகளைத் தளர்த்திப் பிரிக்க உதவும் சக்தி சூரிய ஒளியே, சூரியனின் கதிர்களே ஆகும். சூரிய வெளிச்சம் சக்தியின் மூலம் என்று கூறுவது முதலில் வியப்பாகப் படலாம். குளிரும் பொழுது சூரிய வெளிச்சத்தில் இருந்தால் எவ்வளவு இன்பமாக இருக்கிறது என்பது

[1] இது தற்பொழுது பரவியுள்ள கருத்து. ஆனால் இந்த விஷயத்தைக் கவனமாக ஆராய்ந்த பின்பு இன்கேன்ஹாவுஸ் இவ்வுண்மையை முதலில் கண்டுபிடித்தார் என்பது சந்தேகத்திற்கு இடமானது, இச்செயல்முறை சூரிய ஒளியைச் சார்ந்துள்ளது என்பதைப் பிரீஸ்ட்லி ஏற்கனவே கண்டு பிடித்துவிட்டார் என்ற முடிவிற்கு நான் வந்தேன்.

எல்லோருக்கும் தெரியும். இருப்பினும் இது சக்தியின் ஒரு மூலம் மட்டுமல்ல மிகப் பிரமாண்டமான மூலம் —தவிர அனேகமாக இதுதான் மனிதன் பயன்படுத்தும் ஒரே சக்தி மூலம் என்பதை நாம் நம்புமாறு செய்வதற்கு நீண்ட தொடரான வாதங்களும் கணக்கீடுகளும் தேவை. உண்மையில் சந்திரனின் கவர்ச்சிக்கும் (சூரியனின் கவர்ச்சிக்கும்) உட்பட்ட ஏற்றவற்றச் சக்தி ஐரோப்பாவின் சில பகுதிகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது தவிர மற்ற எல்லா இயக்கு விசைகளும், சக்தியின் மற்ற எல்லா மூலங்களும் நேரடியாகவோ அல்லது மறைமுகமாகவோ சூரிய ஒளியைச் சார்ந்துள்ளன. நமது ஆலைகளை இயக்கும் ஆற்று நீரோட்டமும் வாயுமண்டலக் காற்றோட்டமும் சூரியனால்தான் நிகழ்கின்றன. எரி பொருளில் உள்ள உள்ளுறை சக்தி சூரியனிடமிருந்து கிடைக்கிறது என்று நாம் முன்பே கண்டோம். இப்பொழுது இதை நாம் விரிவாகக் காண்போம். நாம் நடை முறைக் காரியங்களுக்குப் பயன்படுத்தும் மின்சாரம் போன்ற தொடர்பற்றவையாகக் காணப்படும் நிகழ்ச்சிகளைக்கூட சூரியனின் செயலுடன் தொடர்புபடுத்தலாம். கால்வனிக் பாட்டரியில் வோல்ட்டா வில்லை ஏற்படுத்துவது சூரிய ஒளியாகும். இதை நிரூபித்துக் காட்ட முடியும். பாட்டரியில் உள்ள துத்தநாக உலோகம் ஆக்ஸிகரணமடைவதனால் கார்பன் வெண்மையாகும் அளவிற்குச் சூடடைகிறது. இயற்கையில் துத்தநாகம் உலோகமாகக் கிடைப்பதில்லை. அது ஆக்ஸிஜனுடன் கூடிய நிலையில் காணப்படுகிறது. அதாவது அது முற்றிலும் எரிந்த நிலையில் காணப்படுகிறது. அதிலிருந்து ஆக்ஸிஜனைக் குறைக்க அல்லது அதற்கு எரியும் தன்மையை மறுபடி அளிக்க அதிலிருந்து ஆக்ஸிஜனைப் பிரிக்க வேண்டும். இந்தச் செயல் நிலக்கரியின் உதவி கொண்டு நிறைவேற்றப் படுகிறது. இது துத்தநாகத் தாதுவில் உள்ள ஆக்ஸிஜனுடன் கூடி எரிந்து கார்பனிக அமிலமாக மாறுகிறது. ஆனால் இந்த நிலக்கரி, அது கற்கரி ஆகட்டும் அல்லது மரக் கரி ஆகட்டும், சூரிய ஒளியால் சிதைக்கப்பட்ட கார்பனிக அமிலத்திலிருந்தே தாவரத்தில் உண்டாகியிருக்கிறது. இவ்வாறுதான் மின் ஒளியின் கதிர்களுடன் சூரியனின் கதிர்கள் தொடர்புள்ளவை. தாவரங்களில் கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைப்பதில்

பயன்படுத்தப்படும் சூரிய ஒளியின் கண்ணுக்குத் தெரியும் இயங்கு சக்தி கார்பனிக அமிலத்திலிருந்து வெளிப்படுத்தப்பட்ட கார்பனில் நிலைச் சக்தியாக மாற்றப்பட்டு மறைந்து உள்ளது. துத்தநாகக் கனியத்தில் ஆக்ஸிஜன் குறைப்பு நடக்கும் பொழுது கார்பனின் இந்த நிலைச் சக்தி துத்தநாகத்திற்கு மாற்றப்படுகிறது. கார்பன் எரிந்துவிடுகிறது. இதனால் எரிவுத் திறனுள்ள துத்தநாக உலோகம் கிடைக்கிறது. கால்வனிக் பாட்டரியில் துத்தநாகம் ஆக்ஸிகரணமடைகிறது, அது எரிகிறது. அதன் நிலைச் சக்தி மின்னோட்டத்தின் இயங்கு சக்தியாக மாறி, வெண்சூடான கார்பன்களில் ஒளியாகத் தென்படுகிறது. பூமியில் நிகழும் செயல்களைச் சூரியனின் செயல்களுடன் இணைக்கும் சிக்கல் நிறைந்த சக்தி மாற்றங்கள் இத்தன்மையவை. ஆனால் நமக்குச் சூரியனிடமிருந்து கிடைக்கும் சக்தியின் அளவைச் சுமாராக மதிப்பிடுவதன் மூலம் சூரியக் கதிர்வீச்சின் முக்கியத்துவம் பற்றி அதிக நிச்சயமான கருத்தை நாம் பெறலாம். பூமியின் குறிப்பிட்ட பரப்பு மீது சூரியனால் வீசப்படும் வெப்பத்தின் அலகுகள் எத்தனை என நாம் மதிப்பிடலாம். வெப்பத்தின் இயந்திரச் சமவலு நமக்குத் தெரியும் ஆதலால் சூரிய ஒளியின் சக்தியை இயந்திர வேலையின் அலகுகளில் குறிப்பிடலாம். மூஷோ என்பவரின் கணக்கீடுகளின்படி, மேகமல்லாத நாளில் பாரிஸ் மாநகரில் ஒரு சதுர மீட்டர் பரப்பின்மீது எட்டு அல்லது பத்து மணிநேரத்தில் விழும் வெயில் ஒரு குதிரைத் திறனுக்குச் சமமான வேலை செய்ய வல்லது. பிலடெல்பியாவில் உள்ள வீட்டுக் கூரைகளின் மீது விழும் வெயில் முழுவதையும் பயன்படுத்தினால், ஒவ்வொன்றும் 20 குதிரைத் திறன் உள்ள 5,000 நீராவி எஞ்சின்களின் ஆற்றலுக்குச் சமமான சக்தி கிடைக்கும் என்று எரிக்ஸன் என்பவர் கணக்கிட்டார். ''ஆர்க்கிமிடீஸ் நெம்புகோலின் மூலம் உலகத்தைத் தூக்க முன்வந்தார். ஆனால் சூரியனின் வெப்பம் முழுவதையும் ஒன்று திரட்டினால் பூமியின் இயக்கத்தையே தடுத்து நிறுத்த வல்ல சக்தி நமக்குக் கிடைக்கும் என்று நான் கூறுகிறேன்.'' இவ்வாறு சூரியனிடமிருந்து பூமி பெறும் வெப்பத்தின் பிரமாண்டமான அளவைக் கணக்கிடுகையில் எரிக்ஸன் கூறினார். இவர்கள் இருவரும் கணக்கீடுகளுடன் நின்று

விடவில்லை. இவர்கள் பரிசோதனைகள் செய்தனர், இவற்றின் மூலம் சூரியனின் கதிர்கள் எத்தகைய சக்திச் சேமிப்புக் களாக விளங்குகின்றன என்பதை விளக்கிக் காட்டினர். மூஷோ பல எளிதான கருவிகள் செய்தார். இவற்றில் நீரைக் கொதிக்க வைக்கலாம், சூப் தயார் செய்யலாம், காய்கறி வேகவைக்கலாம், ரொட்டி சுடலாம்—சூரியனின் வெப்பத்தை மட்டும் கொண்டே, இவர் வெயில் வெப்பத்தால் இயங்கும் நீராவி எஞ்சின்களையும், வெப்பக் காற்று எஞ்சின்களையும் அமைத்தார். சூரிய ஒளியைப் பயன்படுத்துவது குறித்து மூஷோ கூறிய எல்லா யோசனைகளிலும் மிக அக்கறைக்குரிய வை வயல்களுக்கு நீர் பாய்ச்ச உதவும் பம்புகள்தாம். இவை செலவில்லாமல் கிடைக்கும் சக்தி கொண்டு இயங்கு வது மட்டுமின்றி மிகவும் பயன்பாடுள்ள வகையில் வேலை செய்கின்றன. தண்ணீரின் தேவைக்கு ஏற்றபடி அவை முறைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. ஏனெனில் வெயில் எவ்வளவு உக்கிரமாயிருக்கிறதோ, எனவே வறட்சி எவ்வளவு கடு மையாயிருக்கிறதோ, அவ்வளவு அதிகத் தண்ணீரை இவை தருகின்றன.[1]

இதுவரைக்கும் கூறியவற்றிலிருந்து சூரிய ஒளி சக்தியின் விறல்மிக்க மூலம் என்பதையும் இந்தச் சக்திதான் தாவரங்களில் உள்ள கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைக்கிறது என்பதையும் நாம் எளிதில் நிரூபிக்க முடியும். இதற்குரிய சக்தியைத் தாவரம் தானுகவே உற்பத்தி செய்ய முடியாது. ஒரு வகையில் சொன்னுல், அது ஒரு இயந்திரமாக மட்டுமே வேலை செய்கிறது. அது சூரியனின் சக்தியைக் கடத்தும் ஒரு இணைப்பாகவே பயன்படுகிறது.

எனவே பௌதிகக் கண்ணேட்டத்திலிருந்தும், இரசாயனக் கண்ணேட்டத்திலிருந்தும் தாவரம் விலங்குக்கு முற்றிலும் எதிர்நிலைப் பொருளாக விளங்குகிறது. சூரியனின் சக்தியை உள்ளுறை இரசாயன சக்தியாக இடைவிடாது மாற்றுவதுதான் தாவர வாழ்க்கை. மாருக விலங்கின் வாழ்க்கையோ உள்ளுறை இரசாயன சக்தி வெப்பமாகவும்

---

[1] ''வறட்சியுடன் தாவரங்களின் போராட்டம்'' (மாஸ்கோ, 1893) என்னும் என் பிரசுரத்தைக் காணவும்.

இயக்கமாகவும் மாறுவதே ஆகும். ஒன்றில் சுருள்கம்பி சுற்றப்படுகிறது, மற்றதில் சுற்று பிரிக்கப்படுகிறது.

* * *

கார்பனிக அமிலத்தைக் சிதைப்பதில் சூரிய ஒளி பங்காற்றுவதை இன்கேன்ஹாவுஸும் பிரீஸ்ட்லியும் கண்டு பிடித்ததுமே அதன் இந்த வேலை புரிந்து விட்டது என்று நாம் கருதிவிடக் கூடாது. இந்தச் செயல்முறையின் எதார்த்தமான இயந்திர விவரங்கள் முழுவதையும் சரிவர வரையறுத்துக் கொள்வதற்கு அரை நூற்றுண்டுக்கு மேலாயிற்று. இந்தச் சாதனைக்கு மேயர், ஹெல்ம்ஹோல்ட்ஸ் போன்றவர்களுக்கு விஞ்ஞானம் கடன்பட்டுள்ளது. ஒளி ஏதோ புரியாத ஆனுல் பயனுள்ள பாதிப்பு என்ற முறையில் மட்டுமே முன்பெல்லாம் பேசப்பட்டுவந்தது. மேயர்தான் முதன்முதலில் பின்வருமாறு உரைத்தார்: சூரிய ஒளியைத் தாவரங்கள் உண்மையான அர்த்தத்தில் பயன்படுத்தித் தீர்த்து விடுகின்றன, உட்கொள்கின்றன. சூரியனின் கதிரின் சக்தி இரசாயன விறைப்பாக மாறுகிறது. எரிபொருளை எரிக்கும் பொழுதும் நமது உடலில் நிகழும் உயிர்ச் செயல்முறைகளின் பொழுதும் நாம் சூரியனின் சேமித்து வைக்கப்பட்ட சக்தியைப் பயன்படுத்துகிறோம். இதை மேயரின் சொல் வன்மை மிக்க நடையிலேயே கேட்போம்:

''பூமியின்மீது பொழியும் ஒளியைப் பிடித்து, எல்லாவற்றிலும் விரைந்த இயக்கமுள்ள இந்த ஆற்றலை இயக்கமற்ற வடிவத்துக்கு மாற்றி, அதே உருவில் அதைச் சேமித்து வைப்பதை இயற்கை தனது நோக்கமாகக் கொண்டுள்ளது. இந்த லட்சியத்தை நிறைவேற்ற இயற்கை பூமியின் மேற்பரப்பில் அங்கஜீவிகளைத் தோற்றுவித்துள்ளது. தம் வாழ்நாளில் சூரிய ஒளியை உட்கொண்டு இந்தச் சக்தியைச் செலவிட்டு அவை இடைவிடாது குவிந்து கொண்டிருக்கும் உள்ளுறை இரசாயன சக்தியை உருவாக்குகின்றன. இந்த அங்கஜீவிகள் தாம் **தாவரங்கள்**. தாவர உலகம் ஒரு சேமிப்பு நிலையம், அங்கு சூரியனின் கதிர்கள் தடுத்து நிறுத்தப்பட்டு வருங்காலப் பயன்பாட்டுக்காகச் சேமித்து வைக்கப்படுகின்

றன. மனிதன் உடலோடு வாழ்ந்திருப்பது இயற்கையின் இந்தச் சேமிப்புத் தன்மையையே சார்ந்துள்ளது. நம்மைச் சுற்றியுள்ள வளம் கொழிக்கும் தாவரங்கள்மீது ஒரு முறை கண்ணோட்டினலே செழிப்பாக வாழ்கிறோம் என்ற மன நிறைவு நம்மை அறியாமலே ஏற்படுகிறது.''

இந்த விதமாக, கார்பனிக அமிலம் சிதைக்கப்பட்டு தாவரத்தின் அங்ககப் பொருள்கள் உருவாக்கப்படுவதில் எவ்விதமான இயந்திரச் செயல் முறைக்கும் உரிய எல்லா முக்கிய நிபந்தனைகளும் உள்ளன. சூரிய ஒளி இயக்கும் ஆற்றலாக விளங்குகிறது. இந்த இயக்கும் சக்தி பிரயோகிக்கப் படும் இயந்திரமாகத் தாவரம் உள்ளது. கார்பனிக அமிலம் கச்சாப் பொருளாக விளங்குகிறது. தாவரத்தின் அங்ககப் பொருள்தான் உற்பத்திப் பொருள்.

இந்தச் செயல்முறையின் இயந்திர நுணுக்கங்களை விரிவாக ஆராய்வோம்.

முதலில் சக்தியின் மூலமான சூரியனின் ஒளிக்கற்றை யைப் பற்றி அறிந்துகொள்வோம். ஏனைய வெண்மையான ஒளியைப் போன்றே சூரியனுடைய ஒளியும் ஒரே வகையான தல்ல. அதில் பல வகைப்பட்ட கதிர்கள் உள்ளன என்று நமக்குத் தெரியும். அக்கதிர்கள் மற்றவற்றோடு கூடவே நிறத்தில் வேறுபடுகின்றன. ஏழு வெவ்வேறு வர்ணமுள்ள கதிர்கள் பொதுவாகத் தனிப்பிரித்துக் காணப்படுகின்றன. அவை வானவில்லின் நிறங்களான சிவப்பு, ஆரஞ்சு, மஞ்சள், பச்சை, இள நீலம், நீலம், ஊதா ஆகியவையாம். நிறமற்ற கதிரை அதில் அடங்கியுள்ள ஏழு நிறங்களாகப் பகுக்கும் இந்தச் செயல் கண்ணாடிப் பட்டகத்தின் உதவியால் மிக எளிதாகச் செய்யப்படுகிறது. சூரியனுக்கு நேராக உள்ள மூடித் தகட்டில் சிறு துளை ஒன்றை இட்டால் இந்தத் துளை வழியாகச் செல்லும் போது சூரிய ஒளி வட்டமான புள்ளி வடிவில் தரைமேல் சூரிய பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கும். இப்பொழுது கண்ணாடிப் பட்டகம் ஒன்றைத் துளைக்கு முன்னே விளிம்பு கீழாக வைத்தால் பிம்பம் சுவரை நோக்கி நகரும். ஆனல் இப்பொழுது வட்டமான புள்ளிக்குப் பதில் வானவில்லின் ஏழு நிறங்களைக் கொண்டுள்ள பட்டை ஒன்று கிடைக்கும். இப்பட்டையின் ஒரு விளிம்பில் சிவப்பு நிறமும்,

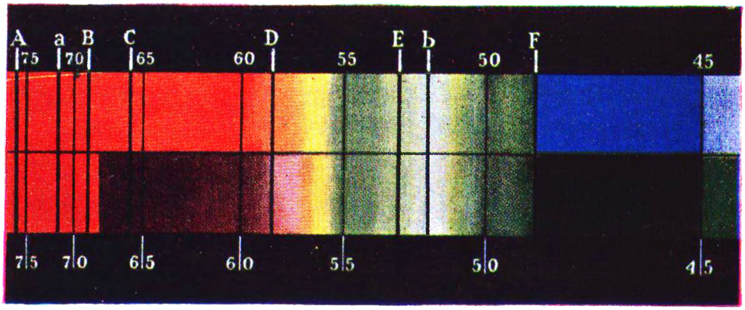
மற்றொரு விளிம்பில் ஊதா நிறமும் இருக்கும். இந்த வானவில் பட்டைக்கு **நிறமாலை** என்று பெயர். எதாவதொரு பொருளின் மீது வெண்மையான ஒளிக் கதிர் விழும்பொழுது அது ஒரு பகுதியோ அல்லது முழுவதுமோ உறிஞ்சப்படு கிறது. எல்லா ஒளிக் கதிர்களையும் அப்பொருள் உறிஞ்சி விட்டால் அது கறுப்பாகத் தோன்றுகிறது. எல்லா ஒளிக் கதிர்களும் சம அளவில் அதிலிருந்து பிரதிபலித்தால், அப்பொருள் வெண்மையாகத் தெரிகிறது. சில கதிர்கள் மட்டும் உறிஞ்சப்பட்டு வேறு சில கதிர்கள் பிரதிபலிக்கப் பட்டால் பொருள் பிரதிபலிக்கப்பட்ட கதிர்களின் நிறத் தைப் பெறுகிறது. ஒளி புக விடும் பொருள்களுக்கும் இந் நியதி பொருந்துகிறது. ஒரு பொருள் எல்லாக் கதிர்களையும் உறிஞ்சினால் அது ஒளி புகாத் தன்மையுள்ளது, கறுப்பானது. எல்லாக் கதிர்களும் பொருள் வழியாக ஊடுருவிச் சென்றால், பொருள் முற்றிலும் ஒளி புகும் தன்மையுள்ளது, கண்ணாடி அல்லது நீரைப் போல நிறமற்றதாக இருக்கிறது. ஆனால் பொருள் சில கதிர்களை மட்டும் தடுத்து நிறுத்தி மற்ற வற்றைச் செல்லவிட்டால், அதன் வழியாகச் செல்லும் கதிர்களின் நிறத்தை அது பெறுகிறது. நிறமுள்ள பொரு ளிலிருந்து பிரதிபலித்தோ அல்லது ஊடுருவியோ வரும் ஒளியைப் பட்டகத்தைக் கொண்டு பகுத்தாய்ந்தால் ஏழு நிறங்கள் உள்ள நிறமாலை நமக்குக் கிடைக்காது. உறிஞ்சப் பட்ட நிறங்கள் இந்த நிறமாலையில் காணப்படா.

தாவரங்களிலும் இதே போன்ற நிகழ்ச்சி இடம் பெறு கிறது. நல்ல சூரிய வெளிச்சத்தில் காடுகளும் வயல்களும் பச்சைப்பசேல் என்று இருக்கின்றன. இலைகள் பச்சை நிறத்தைப் பிரதிபலித்தால் வெண்மையான ஒளியின் ஒரு பகுதியை அவை உறிஞ்சியிருக்க வேண்டும் என்று தெரிகிறது.

இந்த உண்மையிலிருந்து எந்த விதமான முடிவிற்கும் வருவதற்கு முன்பு இலைகளின் பச்சை நிறத்திற்குக் காரணம் யாது என்று ஆழ்ந்து ஆராய்வோம். தாவரத்தின் பச்சை நிறமான எந்தப் பகுதியையும் எடுத்து உருப்பெருக்கியின் உதவியால் ஆராய்ந்தால் அது உண்மையில் நிறமற்றது என்பதை விரைவிலேயே காண்கிறோம். அது உயிரணுக்கள் எனப்படும் குமிழிகளால் ஆனது. இவற்றின் சுவர்கள் கண்ணாடி

போல் ஒளிபுகும் தன்மையைப் பெற்றிருக்கின்றன. அவற்றில் நிறைந்துள்ள திரவம் நீரைப் போன்றே நிறமற்றது. ஆனால் இத்திரவத்தில் மரகதப் பச்சை நிறக் கணிகங்கள் உள்ளன. இவை பச்சையத் துணுக்குகள் அல்லது **பசுங்கணி கங்கள்** என்று பொதுவாக அழைக்கப்படுகின்றன. நிறமற்ற நிணநீரில் மிதக்கும் இரத்தத்திற்குச் சிவப்பு அணுக்கள் சிவப்பு நிறம் தருவது போலத் தாவரங்களுக்கு இக்கணிகங்கள் பச்சை நிறம் தருகின்றன. இலையின் பச்சையான பரப்பின் மீது விழும் சூரியனின் கதிர் என்னவாகிறது என்று காணலாம். இலையின் வழியாக எந்தக் கதிர்கள் செல்லப் போகின்றன, எவை தடுத்து நிறுத்தப்படப் போகின்றன? இதற்காக ஒளிக் கதிரை இலையின் வழியாகச் செலுத்த வேண்டும். பின்பு அதைப் பட்டகத்தைக் கொண்டு பகுத்தாய வேண்டும். இதைச் செய்யும் பொழுது நிறமாலையில் வேறுபாடு ஏற்படு வதைக் காண்கிறோம். நிறமாலையில் இல்லாத கதிர்களின் இடங்களில் கறுப்பு நிற இடைவெளி இருப்பதைக் காண் கிறோம். இந்தக் கதிர்களை இலை தடுத்துவிட்டது, இவற்றை இலை உறிஞ்சிவிட்டது என்பது தெளிவாகிறது. இந்தப் பரிசோதனையை இன்னும் துல்லியமாகச் செய்வோம். தாவரத்தின் நிறத்திற்குக் காரணமாக இருப்பது பச்சையம். அதனால் ஒளியை இப்பொருள் எவ்வாறு உறிஞ்சுகிறது என்று நாம் ஆராய்வோம். சாராயத்தின் உதவியால் இலை களிலிருந்து பச்சையத்தைப் பிரித்துவிட முடியும். இலை களிலிருந்து இறக்கிய எவ்வகைச் சாறும் அற்புதமான பச்சை நிறமடைகிறது என்பது நம் எல்லோருக்கும் தெரியும். இது பச்சையத்தின் நிறமாகும். எனவே அனேகமாக ஒளிபுகாத இலைக்குப் பதிலாக நாம் அனேகமாக ஒளிபுகும் பச்சையத்தின் கரைசலைப் பரிசோதனைக்குப் பயன்படுத்தலாம். இந்தக் கரைசலைக் கண்ணாடிக் கோப்பையில் ஊற்றி, சூரிய ஒளி வரும் பாதையில் வைத்து இவ்வாறு கிடைக்கும் ஒளியைப் பட்டகத்தைக் கொண்டு பரிசீலிப்போம். பின்வரும் தன்மை வாய்ந்த நிறமாலை உண்டாகிறது. விளிம்பில் உள்ள சிவப்புக் கதிர்கள் (Aயிலிருந்து B வரை, படம் 2) உறிஞ்சப் படாமலேயே வெளிவருகின்றன. நல்ல சிவப்பு, ஆரஞ்சு, மஞ்சளின் ஒரு பகுதி ஆகியவற்றின் இடத்தில் கறுப்புப்

பட்டை தெரிகிறது (படம் 2, Bயிலிருந்து Dவரை)[1]; பச்சை நிறக் கதிர்கள் உறிஞ்சப்படவில்லை (Dக்கும் bயின் வலது பக்கத்திற்குச் சற்று தள்ளியும்), இது நிறமாலையில் பச்சைப் பட்டையாகத் தெரியும். நீல, ஊதாக் கதிர்களும் உறிஞ்சப் பட்டுவிட்டன. எனவே பச்சையத்தின் நிறமாலையில் ஏழு



படம் 2

நிறங்களுக்குப் பதிலாக இரண்டு நிறப் பட்டைகள்மட்டுமே உள்ளன. ஒன்று கருஞ் சிவப்பு, மற்றொன்று நல்ல பச்சை. இவற் றிற்கு இடையே கறுப்பு நிற இடைவெளிகள் உள்ளன. எனவே தாவரத்தின் பச்சை நிறம் என்பது தூயதல்ல, பச்சையும் சிவப்பும் கொண்ட கலவை என்ற முடிவிற்கு வருகிறோம். இதை விசித்திரமான பரிசோதனை ஒன்றின் மூலம் சுலபமாக நிரூபிக்கலாம். சாதாரண நீலக் கண்ணாடி பச்சை நிறக் கதிர்

---

[1] படம் 2ல் பச்சையத்தின் உறிஞ்சு நிறமாலை காட் டப்பட்டுள்ளது. நிறமாலையின் சிவப்புப் பகுதிக்கு உள்ளாக மிகவும் கறுப்பான பகுதி உள்ளது. நிறமாலைகளைப் படம் பிடிப்பதில் நாளது வரையிலுங்கூட மிகவும் இடைஞ்சல்கள் ஏற்பட்டன. 1893ம் ஆண்டுக் கோடைகாலத்தில் திருப்தி கரமான படங்களைப் பிடிப்பதில் வெற்றி அடைந்தேன். இவற்றை நான் 1894ம் ஆண்டு ஜனவரி மாதம் மாஸ்கோவில் இயற்கை அறிஞர்கள், மருத்துவர்கள் ஆகியோரின் மகாநாட் டில் காட்டினேன். எழுத்துக்கள் சூரிய நிறமாலையின் பிராவுன்ஹோபர் கோடுகள் என்பவற்றைக் குறிக்கின்றன.

களை உறிஞ்சி விடுகிறது, சில சிவப்புக் கதிர்களைக் கடந்து செல்ல விடுகிறது. எனவே பச்சைத் தாவரங்களை நாம் நீலக் கண்ணுடியின் மூலம் பார்த்தால், அது நம் விழிகளை நோக்கி வரும் பச்சை நிறக் கதிர்களைத் தடுத்துவிடும், சிவப்பு நிறக் கதிர்களை மட்டும்தான் கடந்து செல்ல விடும். ஜெர்மனியில் பார்வைக் கண்ணுடி செய்பவர்கள் இந்த விவரத்தைப் பயன் படுத்தி விஞேதமான கருவி ஒன்றை அமைத்துள்ளனர். இதன் பெயர் எரித்ரோபைடோஸ்கோப். இது வெறும் நீல நிற மூக்குக்கண்ணுடி, ஆனுல் இதை அணிந்த உடனேயே உலகம் வேறு விதமாகத் தோன்றுகிறது. பவள மரங்களும் வயல்களும் நிரம்பிய இயற்கைக் காட்சி ஆழ்நீல வானின் கீழ் நீண்டு பரவக் காணப்படுகிறது. நிலக் காட்சிகளை இயற் கையில் ஒருபோதுமே காண இயலாத நல்ல மரகதப் பச்சை நிறத்தில் வரையும் வழக்கமுள்ள சில ஓவியர்களின் கவனத்தை இதன்பால் திருப்புவது பிரயோஜனமாயிருக்கும். இயற் கையை உள்ளபடியே சித்திரிக்கும் பயனற்ற முயற்சியில் இந்த ஓவியர்கள் முடிந்தவரை தூய பச்சை நிறத்தில் அதைத் தீட்டுகிருர்கள். ஆனுல் உண்மையிலோ, நமது தாவரங்கள் சிவப்பும் பச்சையும் கலந்த கலப்பு நிறம் பெற்றவை.[1]

நாம் இப்பொழுது நமது விஷயத்திற்கு வருவோம். தாவரம் எந்தக் கதிர்களை உறிஞ்சுகிறது என்று நாம் அறிய விரும்பிஞேம். பச்சையம் குறிப்பிட்ட வகைச் சிவப்பு, ஆரஞ்சு, மஞ்சள் நிறக் கதிர்களை உறிஞ்சுகிறது என்றும் இதன் விளைவாகவே நிறமாலையில் இவற்றின் இடத்தில் கறுப்பு நிறமுள்ளது என்றும் அறிந்துகொண்டோம். இதைப் பச்சை

---

[1] தேவையான தொழில் நுணுக்க விவரங்கள் இல்லா திருக்கையில் இந்த விஷயம்பற்றி நிச்சயமான ஆலோசனை எதுவும் கூறுவது கடினம். கனியப் பச்சை நிறங்கள் யாவற்றி லும் குரோம் பச்சை நிறமாலை பச்சையத்தின் நிறமாலை யைப் பெரிதும் ஒத்திருக்கிறது, ஏனெனில் அதன் பச்சை நிறம் சிவப்பு, பச்சைக் கதிர்களின் கலவை. எல்லாச் சந்தர்ப் பங்களிலும் நீல நிறத்தையும் (நிறமாலையில் உள்ள நீலம்) மஞ்சள் நிறத்தையும் கலப்பதன் மூலம் இலையின் பச்சை நிறத்தை நாம் பெறவே முடியாது.

யத்தின் ஒரு தனிக் கணிகத்தின் விஷயத்திலும்கூட நாம் உருப்பெருக்கியின் உதவியால் சோதித்துப் பார்க்கலாம். இப்பொழுது நாம் நிறமாலையைச் சுவரில் விழச் செய்வதற்குப் பதிலாக உருப்பெருக்கியில் லென்ஸ் ஒன்றின் உதவியால் இதைப் பெறுகிறோம். குண்டூசித் தலையின் அளவுள்ள இந்த நிறமாலையில் நாம் பசுங்கணிகத்தை ஆராய்கிறோம். நிறமாலையின் பச்சை நிறப் பகுதியில் இது ஒளிபுகும் பச்சையாகவும் விளிம்போரச் சிவப்பில் ஒளிபுகும் சிவப்பாகவும் தெரிகிறது. சாற்றினால் உறிஞ்சப்பட்டுவிட்ட சிவப்புக் கதிர்களிலோ, முற்றிலும் ஒளிபுகாததாக, புகைக் கரி போலக் கறுப்பாகக் காணப்படுகிறது (BC படம் 2). உயிருள்ள பச்சையத்தின் கணிகங்களும் சிவப்பு நிறக் கதிர்களை உறிஞ்சுகின்றன என்று இதிலிருந்து தெரிகிறது.

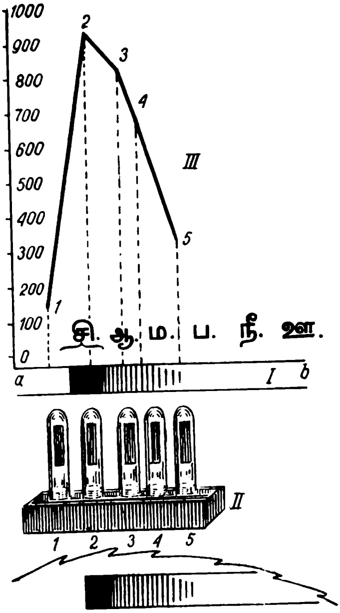
எனவே குறிப்பிட்ட சில சூரியக் கதிர்கள் தாவரத்தின் மீது அல்லது அதன் உயிரணுக்களில் உள்ள பசுங்கணிகங்களின் மீது விழும் பொழுது உறிஞ்சப்பட்டுவிடுகின்றன, ஒளித் தன்மையை இழந்து விடுகின்றன. ஆனால் இங்கு சக்தி இழப்பு நேர்வதில்லை, சக்தி மாற மட்டுமே செய்துள்ளது, விறைப்பு நிலைக்கு மாறிவிட்டது. இந்தக் கதிர்கள் தாவரத்தில் என்ன வேலை செய்கின்றன? சற்று முன்பு நாம் கொண்ட முடிவை நினைவுபடுத்திப் பாருங்கள். சூரியக் கதிர்கள் தாவரங்களில் உள்ள கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைக்கின்றன. பச்சையக் கணிகங்களால் உறிஞ்சப்பட்ட கதிர்களின் செலவாலேயே இந்த வேலை செய்யப்படலாமல்லவா? கார்பனிக அமிலம் சிதைக்கப்படுவது நிகழும் உறுப்பு, உபகரணம் பச்சையம்தான் என்பதை நாம் அறியும் பொழுது இக்கருத்து வலியுறுத்தப்படுகிறது. கார்பனிக அமிலம் சிதைவதும், ஆக்ஸிஜன் வெளிவிடப்படுவதும் தாவரங்களின் பச்சை நிறமான பகுதிகளில், அதாவது இலைகள் அல்லது பசுமையான தண்டுகளில் மட்டும்தான் நடைபெறுகின்றன என்பதைப் பிரீஸ்ட்லி கவனித்தார். இந்தச் செயல் பச்சை நிறப் பொருளின் உதவியினால்தான் நடைபெறுகிறது என்று கூட நிரூபிக்க அவரால் முடிந்தது. தண்ணீரோ அல்லது ஏதாவது சாறோ நிறைந்த பாத்திரத்தைச் சூரிய ஒளி படும்படியாக வைத்திருந்தால் அப்பாத்திரத்தின் சுவரில் பச்சை நிறமான பொ

ருள்கள் படிகின்றன. இந்தப் பொருள்கள் வெறுங்கண்களுக்குப் புலப்படாத அளவு நுண்ணிய தாவரங்களான பாசிகள் என்று தற்பொழுது நமக்குத் தெரியும். ஆனால் பிரீஸ்ட்லியின் காலத்தில் இது தெரியாது. எனவே இந்தப் படிவைப் ''பிரீஸ்ட்லியின் பொருள்'' என்று கூட அழைத்தனர். இந்தப் பொருள் ஆக்ஸிஜனை வெளிவிடுகிறது என்று பிரீஸ்ட்லியால் நிரூபிக்க முடிந்தது. தண்டு அல்லது இலைக்கு வெளியே கூடப் பச்சை நிறப் பொருள்கள் கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைக்கின்றன என்றும் இந்த வேலை பச்சை நிறப் பொருள்களுக்கே உரியது என்றும் இந்தப் பரிசோதனை காட்டியது. பின்பு வேறு சந்தேகங்கள் எழுந்தன. இயற்கையில் பச்சை நிறமில்லாத தாவரங்களும் உள்ளன. இவையும் கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைக்கின்றன. சிவப்பு, கறுப்பு போன்ற வண்ண இலைகளைப் பெற்றுள்ள பெருந்தொகையான தாவரங்கள் இத்தகையனவே. இவை தற்பொழுது பூந்தோட்டங்களிலும் வெப்பத் தோட்டங்களிலும் மேலும் மேலும் அதிகமாக வளர்க்கப்படுகின்றன. கடலின் அடித்தளத்தில் வளரும் பழுப்பு, சிவப்பு நிறப் பாசிகளும் இந்த வகையைச் சார்ந்தவையே. முந்திய வகைத் தாவரங்களில் இவ்விஷயம் எளிதில் விளக்கப்பட்டுவிட்டது. இம்மாதிரித் தாவரங்களில் பல்வேறு வர்ணங்கள் இருப்பதற்குக் காரணம் அவற்றின் உயிரணுச் சாற்றில் உள்ள துலக்கமான நிறங் கொண்ட கரைசல்கள் பசுங்கணிகங்களை மறைத்துவிடுவதாகும். இந்தப் பசுங்கணிகங்களை உருப்பெருக்கியின் மூலம் காண முடியும். இவற்றைக் கீழ்க் கண்டவாறும் காட்டலாம். *Coleus* செடியின் சிவப்பு அல்லது கறுப்பு இலையையோ அல்லது இது போன்ற நிற இலைகளுள்ள வேறு ஏதேனும் செடியின் இலையையோ நீர்த்த கந்தக அமிலத்தில் தோய்த்தால் அவை உடனே பச்சையாக மாறுகின்றன. காரணம், இலையின் சிவப்பு நிறத்தை அகற்றும் பொழுது கந்தக அமிலம் அதன் பச்சையத்தைப் பாதிப்பதில்லை. ஆனால் கடற்பாசிகளில் பச்சையம் இருப்பதை நிரூபிப்பது சற்றுக் கடினமாயிருந்தது. உருப்பெருக்கியின் மூலமும் கூட அவற்றில் பச்சை நிறத் துணுக்குகள் இருப்பதைக் கண்டுபிடிக்க முடியவில்லை. அவை யாவும் பழுப்பு அல்லது சிவப்பு நிறம் பெற்றிருந்தன.

இருப்பினும், இரசாயனச் சோதனைகளின் மூலம் பச்சையம் மற்றொரு பொருளில் மறைந்து இருக்கிறது என்று தெரிய வந்தது. கடற்கரையோரத்தில் நடந்து செல்லும் பொழுது இதைச் சுலபமாகக் காணலாம். அலைகளால் கடற்கரையில் எறியப்பட்டிருக்கும் பாசிகள் அழுகும் பொழுது தம் இயல் பான நிறத்திலிருந்து பச்சை நிறம் வரை பல நிற வேறுபாடு களைக் காட்டுகின்றன. ஏனென்றால் இறந்த செடியில் பளிச்சிடும் நிறப் பொருள்களைத் தண்ணீர் கரைத்து விடுகிறது. பச்சையம் மட்டும் கரையாமல் இருக்கிறது. எனவே இவற்றிலும் கூட கார்பனிக அமிலம் சிதைவது பச்சையக் கணிகங்கள் உள்ள இடங்களில் மட்டும்தான் நிகழ்கிறது. இந்த விதிக்கு விலக்கு கிடையாது. நாம் முன்பே கூறியபடி, சூரிய ஒளியைப் பயன்படுத்தும் உபகரணம், இயந்திரக் கருவி பச் சையத்தில் அடங்கியுள்ளது. இந்தக் கற்பிதக் கொள்கையின் உண்மையைச் சோதிப்பது மிகவும் சுவையாக இருந்தது. இதன் மூலம், பச்சையம் உறிஞ்சிய கதிர்களின் துணை கொண்டு கார்பனிக அமிலம் சிதைவது நடைபெறுகிறதா இல்லையா என்று பார்க்கப்பட்டது. இதைச் செய்வதற்கு பிரீஸ்ட்லியின் பரிசோதனையை நாம் நிறமாலையின் பல பகுதிகளில் ஒரே சமயத்தில் செய்வதே போதுமாயிருந்தது. அப்பரிசோதனை பின்வருமாறு செய்யப்பட்டது: பல கண்ணாடிக் குழாய்களில் (படம் 3—II, 1, 2, 3, 4, 5) குறிப்பிட்ட சதவீதம் கார்பனிக அமிலம் உள்ள காற்று நிரப்பப்பட்டது. ஒரே செடியிலிருந்து பறித்த ஒரே அளவுள்ள பச்சை இலைகள் ஒவ் வொரு குழாயிலும் வைக்கப்பட்டன. பின் இந்தக் குழாய்கள் நல்ல இருட்டறையில் விழுமாறு செய்யப்பட்ட சூரியனின் நிறமாலை படும்படியாக வைக்கப்பட்டன. சில மணி நேரம் சென்ற பின்பு எந்தக் குழாய்களில் கார்பனிக அமிலம் சிதைந்துள்ளது, எவற்றில் சிதையவில்லை, எவற்றில் அதிக மாகச் சிதைந்துள்ளது, எவற்றில் குறைவாகச் சிதைந்துள்ளது என்று வாயுவைப் பகுப்பாய்ந்து தீர்மானிக்கப்பட்டது.

இந்தப் பரிசோதனை மேற்குறித்த கற்பிதக் கொள்கை யை நிரூபித்து விட்டது. பச்சையத்தின் நிறமாலையில் காணப் படும் கறுப்பு நிறப்பட்டைக்குப் பொருந்திய கதிர்களில் தான் கார்பனிக அமிலம் அதிகமாகச் சிதைந்திருந்தது

(படம் 3—I, சிவப்பு; படம் 2 Bக்கும்Dக்கும் இடையில்). இதிலிருந்து பச்சையத்தால் உறிஞ்சப்படாத கதிர்கள் கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைப்பதில்லை என்று தெரிகிறது. உறிஞ்சப்பட்ட கதிர்களோ தாம் உறிஞ்சப்பட்டுள்ள அளவிற்கு ஏற்றபடி கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைக்கின்றன. இது வரைப்பட வடிவில் படம் 3—IIIல் காட்டப் பட்டுள்ளது. ab என்னும் கோட்டிலிருந்து செங்குத்துக் கோடுகள் வரையப் பட்டுள்ளன. இவற்றின் நீளம் நிறமாலையின் (I) பொருத்தமான பகுதிகளில் குழாய்களில் 1, 2, 3, 4, 5 (II) உள்ள கார்பனிக அமிலம் சிதைந்ததற்கு ஏற்றதாக இருக்கிறது. முறிந்த கோடு 1, 2, 3, 4, 5 (III) என்பது நிறமாலையின் எப்பகுதியின் பிரதேசத்தில் கார்பனிக அமிலம் அதிகத் தீவிரமாகச் சிதைகிறது என்பதைக் காட்டுகின்றது.



படம் 3

வானவெளியில் அளவிட முடியாத தொலைவை எவ்வித மாறுதலுமின்றிக் கடந்தபின் சூரியனின் கதிர்களில் சில வழியில் ஒரு பச்சைக் கணிகத்தைச் சந்தித்தவுடன் ஒளித் தன்மையை இழந்து விடுகின்றன; அவை ஒரு வகை வேலையைச் செய்கையில் மறைந்துவிடுகின்றன என்று நிறமாலைப் பரிசோதனை ஒரு புறம் நிரூபிக்கிறது. மறுபுறம், சற்று முன்பு நாம் விவரித்த நிறமாலை சம்பந்தப்பட்ட பரிசோதனையிலிருந்து இந்தக் கதிர்கள்தாம் கார்பனிக அமிலம் கார்பன் வேறு ஆக்ஸிஜன் வேறாகச் சிதைவதற்குக் காரணமாக இருக்கின்றன, இந்த இரசாயன வேலையில் செலவிடப்படுகின்றன என்று தெரியவருகிறது. தாவரத்தில் சக்தி சேகரிக்கப்படு

வதற்கும் செலவழிக்கப்படுவதற்கும் முழுமையான பொருத்தம் இருக்கிறது என்று நாம் முடிவு கட்டலாம்.

இப்பொழுது நாம் சக்தியின் மூலத்தையும் அதைப் பயன்படுத்தும் கருவியையும், அதாவது பசுங்கணிகத்தையும் கண்டுபிடித்து விட்டோம். இந்தச் செயல்முறையில் நடைபெறும் வேலையைப் பற்றித் தெரிந்துகொண்டோம். இப்பொழுது இதன் மூலம் கிடைக்கும் விளைவுப் பொருள் என்ன என்பதைக் காணலாம். கார்பனிக அமிலத்திலிருந்து வெளிப்படுத்தப்பட்ட கார்பன் மேற்கொண்டு என்னவாகிறது, இந்தக் கார்பனிலிருந்து தாவரத்தில் எந்தப் பொருள் உற்பத்தியாகிறது என்று பார்க்கலாம். இந்த விஷயத்தில் நமது ஆவலைத் தணிக்க உருப்பெருக்கியால் முடியும்.

பச்சை நிற உறுப்பு ஒன்றை, உதாரணமாக இலையை, எடுத்து உருப்பெருக்கியின் உதவியால் ஆராய்வதற்காக ஒரு துண்டு அறுத்து எடுத்துக்கொள்வோம். அல்லது உருப்பெருக்கியின் வழியே நேரடியாக உற்று நோக்கக் கூடிய முழுத் தாவரம் ஒன்றை எடுத்துக்கொள்வது இன்னும் மேலானது. உதாரணமாகப் பச்சைப் பாசி இதற்கு ஏற்றது. இதன் பசுங்கணிகங்களில் வேற்றுப் பொருள் எதுவும் இல்லை[1] என்பதை நிச்சயப்படுத்திக்கொண்டபின் இந்த உறுப்பைச் சூரிய வெளிச்சம் படும்படியாக வெளிக் காற்றிலோ அல்லது கார்பனிக அமிலம் உள்ள செயற்கை வாயு மண்டலத்திலோ, அதாவது கார்பனிக அமிலம் சிதைவதற்கு ஏற்ற சூழ்நிலையில் வைக்க வேண்டும். சிறிது நேரம் சென்ற பின்பு பசுங்கணிகங்களை உருப்பெருக்கியின் உதவியால் ஆராய்ந்தால், இதற்கு முன்பு இல்லாத நிறமற்ற கணிகங்கள் அவற்றில் இருப்பதை நாம் காண்போம். இந்தக் கணிகங்கள் ஸ்டார்ச்தான் என்பதை எளிதாக நிரூபித்து விடலாம். அயோடின் கரைசலின் செயல்பாட்டால் கரு நீலமாக மாறுவது ஸ்டார்ச்சின் பண்புகளில் ஒன்று. பசுங்கணிகத்தில் ஸ்டார்ச் இருப்பதை இம்முறையினுலேயே கண்டுபிடிக்கிறோம். வெளிச்சமோ கார்பனிக அமிலமோ இல்லாதபோது ஸ்டார்ச் உருவாவது காணப்படுவதில்லை.

---

[1] இதற்காக, செடியைச் சற்று நேரம் இருட்டில் வைக்க வேண்டும்.

எனவே ஸ்டார்ச் உருவாவது கார்பனிக அமிலம் சிதைவதன் விளைவே என நாம் முடிவு செய்வது சரியே. ஒரு நிகழ்ச்சி மற்ரொரு நிகழ்ச்சியை விரைந்து தொடர்வது இதை வலியுறுத்துகிறது. சூரிய ஒளி இலையின் பரப்பின் மீது விழுந்த ஒரு சில வினாடிகளில் கார்பனிக அமிலம் சிதைவதைக் காண முடிகிறது. ஐந்து நிமிடங்களுக்குப் பின்பு ஸ்டார்ச் பசுங் கணிகங்களில் உருவாகி விடுகிறது. ஸ்டார்ச்சின் இரசாயன அமைப்பைக் கருத்தில் கொண்டால் இவ்விரு செயல் முறைகளுக்கும் உரிய இயைபு நன்கு தெரிகிறது. **கார்போ ஹைடிரேட்டுக்கள்** என்னும் தாவரப் பொருள்களின் குழுவுக்குப் பிரதிநிதியாகவும் மாதிரியாகவும் விளங்கக் கூடியது ஸ்டார்ச். கார்போஹைடிரேட்டுக்களில் கார்பன், ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் ஆகியவை அடங்கியுள்ளன. அவற்றில் ஹைட்ரஜனும் ஆக்ஸிஜனும் நீரில் உள்ள விகிதத்திலேயே இருக்கின்றன ஆதலால் அவை உண்மை யில் கார்பனும் நீரும் கொண்டவை போல் காணப்படுகின் றன. இதனுல்தான் அவற்றிற்குக் கார்போஹைடிரேட்டுக்கள் என்ற பெயர் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. கார்பனிக அமிலத்திலும் தண்ணீரிலுமிருந்து கார்போஹைடிரேட்டை உருவாக்க வேண்டுமானுல் கார்பனிக அமிலத்திலிருந்து ஆக்ஸிஜன் முழுவதையும் நீக்கிவிட வேண்டும், அதாவது, தாவரத்தில் கார்பனிக அமிலம் சிதையும் போது என்ன நிகழுகிறதோ அதை நாம் செய்ய வேண்டும். எனவே, கார்பனிக அமிலம், நீர் ஆகியவற்றிலிருந்து உருவாகும் பொருளுக்கு என்ன இரசாயன அமைப்பு இருக்குமோ, அதே அமைப்பு கார்போஹைடிரேட்டுக்களில் உள்ளது.

பகுப்பாய்வு மூலமாகக் கிடைத்த விவரங்களை உருப் பெருக்கி மூலம் செய்த இந்த ஆராய்ச்சி முழுமையாக உறு திப்படுத்துகிறது. பசுங்கணிகத்தில் கார்பனிக அமிலம் சிதைக் கப்படும் போதெல்லாம் கார்போஹைடிரேட்டுக்கள் அதற் குள் உருவாகின்றன. இந்த இரண்டு செயல்முறைகளுக்கும் உள்ள இயைபைப் பின்வரும் உதாரணம் நன்கு நிரூபித்துக் காட்டுகிறது. ஸ்டார்ச் நீக்கப்பட்ட உயிருள்ள தாவரத்தின் இலைமீது சூரிய நிறமாலை இருட்டறையில் விழச் செய்யப்படு கிறது. சில மணி நேரம் கழித்து இலை பறிக்கப்பட்டு

சாராயத்தின் உதவியால் நிறம் நீக்கப்பட்டு அயோடின் கரைசலின் செயல்பாட்டுக்கு உள்ளாக்கப்படுகிறது. நிறமாலேயின் எந்தப் பகுதிகள் பச்சையத்தால் உறிஞ்சப்பட்டனவோ அவற்றில்தான் ஸ்டார்ச் உருவாகியுள்ளது என்பது தெரிகிறது. உறிஞ்சப்படுவது எவ்வளவு அதிகமோ ஸ்டார்ச் உருவாவதும் அவ்வளவு அதிகமாக இருக்கிறது. வேறு வார்த்தைகளில் சொன்னுல், இலே பச்சையத்தின் நிறமாலேயின் தடத்தை அயோடினுல் அனேகமாகக் கறுப்பாக்கப்பட்ட ஸ்டார்ச் வடிவத்தில் பெறுகிறது (படம் 3 — கீழ் பக்கம், இதைப் படங்கள் 2,3—I உடன் ஒப்பிடவும்).

நமது தாவர உணவில் பெரும்பகுதி கார்போஹைடிரேட்டுக்களின் பிரிவுதான்: ஸ்டார்ச் கோதுமையின் எடையில் முக்கால் பங்கு உள்ளது, உலர்ந்த உருளேக்கிழங்கின் எடையில் ஐந்தில் நான்கு பகுதிகள் உள்ளது. இந்தப் பிரிவில் ஸ்டார்ச் தவிர வேறு பல பொருள்களும் உள்ளன. உதாரணமாக சர்க்கரையும் ஸெல்லுலோஸும். மெல்லிய புல்தாள் முதல் விருட்சங்களின் அடிமரங்கள் வரை எல்லாவகையான தாவரங்களினதும் திடமான சட்டகமாக உருவாவது ஸெல்லுலோஸே ஆகும். இந்தக் கார்போஹைடிரேட்டுக்கள் எல்லாம் ஒரே மாதிரியான இரசாயன அமைப்பு கொண்டவை. அடர்த்தியிலும் சில பௌதிகப் பண்புகளிலும் மட்டுமே இவற்றுக்குள் வேறுபாடு உண்டு. உதாரணமாகச் சர்க்கரை தண்ணீரில் கரைகிறது. ஸ்டார்ச் கரைவதில்லே, அது ஊதிக் கஞ்சிப் பசை ஆகிறது; ஸெல்லுலோஸ் அனேகமாக ஊதுவதில்லே. ஸ்டார்ச் என்பது கட்டியாக்கப்பட்ட சர்க்கரை, ஸெல்லுலோஸ் என்பது கட்டியாக்கப்பட்ட ஸ்டார்ச் என்று ஒரு வகையில் சொல்லலாம். ஸ்டார்ச்சிலிருந்து மற்ற கார்போஹைடிரேட்டுக்கள் எளிதாக உண்டாக்கப்படக் கூடும். உருளேக்கிழங்குப் பாகு தயாரிக்கையில் ஸ்டார்ச்சிலிருந்து செயற்கை முறையில்கூடச் சர்க்கரை உண்டாக்கப்படுகிறது. ஸெல்லுலோஸ் இதுவரை செயற்கை முறையில் தயாரிக்கப்படுவதில்லே. ஆனுல், தாவரங்களில் அது நிச்சயமாக ஸ்டார்ச்சிலிருந்துதான் உண்டாகிறது. உதாரணமாக தானியங்களின் முளேக்கும் விதைகளில் உள்ள ஸ்டார்ச் அவற்றின் முளேக்குருத்தை ஆக்கும் ஸெல்லுலோஸாக மாற்றப்படுகிறது.

கார்போஹைடிரேட்டுக்களுக்கு அடுத்தபடி தாவரப் பொருள்களில் இரண்டாவது பெரும்பகுதி **அல்புமினுய்டுகள்.** இவை முட்டையிலுள்ள அல்புமின் எனப்படும் வெண் கருவைப் போன்று இருப்பதால் இவற்றிற்கு இப்பெயர் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. தாவர உணவுக்கு மாதிரியாக எடுத்துக்கொள்ளப்படும் கோதுமை மாவில் சுமார் 17 சதவீதம் அல்புமினுய்டுகள் உள்ளன. இதில் உள்ள அல்புமினுய்டுகளுக்கு குளூட்டன் என்று பெயர். தானியங்களிலிருந்து ஸ்டார்ச், அல்புமினுய்டு ஆகியவற்றைப் பிரித்து விட்டால் மற்றப் பொருள்கள் மிகக் குறைவாகவே இருக்கும். கார்பன், ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் தவிர அல்புமினுய்டுகளில் நைட்ரஜனும் உள்ளது.

ஸ்டார்ச் சூரிய ஒளியில்லாமல் உருவாக முடியாது. ஆனால் தாவரத்தில் அல்புமினுய்டுகள் உண்டாவதற்கு ஒளியோ அல்லது சக்தியின் எந்த விதமான புற ஊற்றுக்கண்களோ தேவையில்லை. ஆயினும் அது ஏற்கனவே உள்ள கார்போஹைடிரேட்டுக்களைச் சார்ந்திருக்கிறது. சில தாவரங்களுக்குச் சர்க்கரை போன்ற கார்போஹைடிரேட்டுக்களும், அம்மோனியா போன்ற நைட்ரஜன் நிரம்பிய பொருள்களும் கிடைத்தால் அவை முழு இருட்டில் கூட அல்புமினுய்டுகளை உருவாக்கும். கார்போஹைடிரேட்டுக்கள், அல்புமினுய்டுகள் ஆகியவற்றிற்குள்ள தொடர்பு என்ன என்பது பற்றிய, இரசாயன அறிஞர்களால் இன்னும் தீர்வு காணப்படாத பிரச்சினையைத் தொடாமலே கார்போஹைடிரேட், அம்மோனியா ஆகியவற்றிலிருந்து தாவரங்கள் அல்புமினுய்டுகளை உருவாக்குகின்றன என்று துல்லியமான பரிசோதனைகளின் ஆதாரத்தின்பேரில் சொல்லலாம். இரசாயன அறிஞரிடம் உடலியல் அறிஞன் ''எனக்குச் சர்க்கரை, அம்மோனியா, உயிரணு ஆகியவற்றைக் கொடுங்கள், நான் பதிலுக்கு உங்களுக்குத் தேவையான அல்புமினுய்டுகளைத் தருகிறேன்'' என்று கூற முடியும். இதை உற்பத்தி செய்தல் எப்போதும் அவ்வளவு லாபகரமாக இல்லாதிருக்கலாம். ஆனால் இந்த உதாரணத்தில் கொள்கையளவில் இருந்தாலும் கூட, அதன் சாத்தியப்பாடே மிக முக்கியமானது.

மற்றத் தாவரப் பொருள்களின் தோற்றத்தைப் பற்றிய விவரங்களை நாம் இங்கு ஆராய வேண்டியதில்லை. அல்புமினுய்டுகளுடன் ஒப்பிடும் பொழுது அவை மனிதனுக்கு அவ்வளவு முக்கியமானவையல்ல. ஆனல் அல்புமினுய்டுகளைப் பற்றிக் கூறியதை அவற்றிற்குப் பொருத்திப் பார்த்து, கார்பனிக அமிலம், தண்ணீர் ஆகியவற்றிலிருந்து ஸ்டார்ச் அல்லது பொதுவாகக் கார்போஹைடிரேட்டுகளை உருவாக்க மட்டும்தான் சூரிய ஒளி தேவை என்ற முடிவுக்கு வரலாம். வேறு எந்தப் பொருள்கள் உருவாவதற்கும் சூரிய ஒளி அவசியமில்லை.

சூரிய ஒளியின் பாதிப்பினுல் பசுங்கணிகத்தில் நிகழ்ந்து கொண்டிருக்கும் செயல்முறையின் முக்கியத்துவத்தை இப்பொழுதுதான் நாம் முழுமையாக மதிப்பிட முடியும்.

முதலாவதாக, இரசாயனக் கண்ணேட்டத்தின்படி, இங்குதான் கார்பனிக அமிலம், தண்ணீர் போன்ற அனங்ககப் பொருள்கள் அங்ககப் பொருள்களாக மாற்றப்படுகின்றன. இதுதான் அங்கக உலகத்தை அமைக்கப் பயன்படும் பல் வகைப்பட்ட எல்லாப் பொருள்களினதும் ஊற்றும் தோற்று வாயும் ஆகும்.* இரண்டாவதாக, பௌதிகக் கண்ணேட்டத் தின்படி, பசுங்கணிகம் சூரியக் கதிர்களைப் பிடித்து வைத்துக் கொள்ளும் உபகரணமாக விளங்குகிறது. இவ்வாறு பிடிக் கப்பட்ட சூரியக் கதிர்கள் வருங்கால உபயோகத்திற் காகச் சேமித்து வைக்கப்படுகின்றன.

தாவரங்கள் காற்றிலிருந்து அங்ககப் பொருள்களையும் சூரிய ஒளியிலிருந்து சக்திச் சேமிப்புக்களையும் உருவாக்கு கின்றன. மூஷோ, எரிக்ஸன் ஆகியோரின் புதுப்புனைவான சூரியனின் இலவசமான சக்தியால் இயங்கும் இயந்திரத்தைப் போன்று அவை எல்லா அம்சங்களிலும் இருக்கின்றன. இதிலிருந்து விவசாயியினுடைய வேலையின் லாபகரமான தன்மை விளங்குகிறது. குறைந்த அளவு உரப் பொருளைப் பயன் படுத்தி அவன் அதிகமான அளவு அங்ககப் பொருள்களைப் பெறுகிறுன். சிறிதளவு சக்தியைச் செலவிட்டு அவன் எரி பொருள், உணவு ஆகியவற்றின் வடிவத்தில் ஏராளமான சக்தியைப் பெறுகிறுன். அவன் காட்டை எரிக்கிறுன், புல்வெளிகளில் ஆடுகளை மேய்க்கிறுன், வயல்களில் விளைந்த

தானியங்களை விலைக்கு விற்கிருன்; ஆனுல் அவனுக்கு எல்லாப் பொருள்களுமே காற்றின் வடிவத்தில் திரும்பக் கிடைக்கின்றன. அந்தக் காற்று சூரிய ஒளியின் பாதிப்பினுல் மறுபடியும் காடுகளாகவும், வயல்களாகவும், தானியங்களாகவும் வடிவெடுக்கிறது. மதிப்பல்லாத பொருள்களான காற்றையும் ஒளியையும் தாவரங்களின் உதவியால் விலை மதிப்புள்ள பொருள்களாக அவன் மாற்றுகிருன். அவன் காற்றையும் சூரிய ஒளியையும் கொண்டு வியாபாரம் செய்கிருன்.

* * *

இரசாயனவாதிகள் சிக்கல் நிறைந்த அங்ககப் பொருள்களின் சேர்க்கை பற்றிய மர்மத்தைக் கண்டறியும் போது, அவர்கள் ஊட்டப் பொருள்களைச் செயற்கையாகத் தயாரிக்கும் முறையைக் கண்டுபிடிக்கும் போது, மனித குலத்திற்கு எத்தகைய சீரும் செழிப்பும் ஏற்படும் என்பது பற்றி விஞ்ஞானிகள் சில வேளைகளில் கூறும் கூற்றுக்கள் மேற்குறித்த காரணங்களினுல் தாமே அடிபட்டுப் போகின்றன. தொகுப்பு முறை இரசாயனத்தின் சாதனைகளை எடுத்துக் கொண்டால், விஞ்ஞானத்தில் இவ்வித வெற்றிகள் கட்டாயம் வருங்காலத்தில் கிட்டும் என்பதில் சந்தேகத்துக்கே இடமில்லை. இதுவரைக்கும் சாதித்துள்ளவற்றிற்கும், இனிமேல் சாதிக்கப்பட இருப்பவற்றிற்கும் இடையே எவ்விதமான அடிப்படை வேறுபாடுகளும் இல்லை. ஆனுல் உண்மையிலேயே உணவைச் செயற்கை முறையில் தயார் செய்தால், விவசாயம் என்பது காலாவதியாகி விடாதா? நிலம் தனது மதிப்பை அறவே இழந்து விடாதா? பொருளாதார அமைப்பு முழுவதும் மாறி விடாதா? இந்த யூகங்கள் எந்த அளவிற்கு உண்மையானவை என்று நாம் காண்போம். அங்ககப் பொருளை உருவாக்கச் சக்தி தேவை என்று கண்டோம். ஒரு பவுண்டு ரொட்டி எரிகையில் எண்ணூற்றுத் தொண்ணூறு காலரிகள் வெப்பத்தை வெளிவிடுகிறது. ஆகவே இந்த ரொட்டியை உருவாக்கச் செயற்கையாக இருந்தாலும் சரி, இயற்கையாக இருந்தாலும் சரி இதே அளவு வெப்பம் அல்லது பொதுவாகச் சக்தி செலவிடப்பட வேண்டும். இந்தச் சக்தியை எங்கிருந்து பெறுவது? இலவசச் சக்தியின் ஒரே

ஊற்றுக்கண்ணாக விளங்குவது அதே சூரியன் மட்டும்தான். எனவே செயற்கை உணவைத் தயாரிக்க நமது வருங்கால சந்ததியினர் தாவரத்தைப் போலவே செய்ய வேண்டிவரும், சூரிய ஒளியை உறிஞ்சும் கருவிகளை பூமியின் மேற்பரப்பு எங்கிலும் வைத்து ஒளியை உறிஞ்சச் செய்ய வேண்டிவரும். இது போன்று செய்வது சுலபமான செயலல்ல. ஏனென்றால் இந்த நோக்கில் தாவரம் மிக மிகச் செவ்வைப்பாடுள்ள சாதனமாகத் திகழ்கிறது. புல்வெளியில் உள்ள புல்லின் அடர்த்தியை அளவிட்டால், அங்குள்ள ஒவ்வொரு துணுக்கு மண்ணும் இப்போதே பயன்படுத்தப்பட்டிருக்கிறது என்பது உறுதிப்படும். கணக்கீடுகள் மூலமாக நமக்கு இன்னும் ஆழ்ந்த உளப்பதிவு ஏற்படுத்தும் புள்ளிவிவரங்கள் கிடைக்கின்றன. உதாரணமாக, குளோவர் செடியின் இலைகளின் பரப்பு செடி வியாபித்துள்ள நிலத்தின் பரப்பைப் போன்று இருபத்து ஆறு மடங்கு அதிகமானது. எனவே ஒரு ஏக்கர் நிலப்பரப்பில் உள்ள குளோவர் செடிகள் சூரிய ஒளியை உறிஞ்சும் இருபத்தாறு ஏக்கர் பச்சைப் பரப்புக்குச் சமம். மற்றச் செடிகள் இதைவிட இன்னும் அதிகமான இலைப் பரப்பளவு உள்ளவை. சான்பாயின் என்னும் செடி முப்பத்து எட்டு மடங்கு அதிகப் பரப்பளவைக் கொண்டது. லூசர்ன் என்னும் குதிரை மசாலைக்கீரை எண்பத்தைந்து மடங்குகள் அதிகப் பரப்பைக் கொண்டது. கலவைப் புற்கள் இன்னும் அதிகப் பரப்பளவைப் பெற்றிருக்கலாம்.

இங்கு மற்றொரு கொள்கை ரீதியான அக்கறைக்குரிய பிரச்சினை எழுகிறது. குறிப்பிட்ட பரப்பளவுள்ள நிலத்திலிருந்து கிடைக்கும் அங்ககப் பொருள்களின் அளவைத் தாவரங்களின் மூலம் முடிவில்லாமலேயே அதிகரிக்கச் செய்யலாமா? பல முன்னேற்றங்கள் வாயிலாக நிலத்தின் உற்பத்தித் திறனை எல்லையின்றி அதிகரிக்கச் செய்ய முடியுமா? அல்லது இதற்கு வரம்பு உண்டா? இது மனித குலத்தின் வருங்காலத்தைப் பற்றிய பிரச்சினை. நமக்குக் கிடைத்துள்ள விவரங்களிலிருந்து இக்கேள்விக்கு ஆம் என்ற விடையே கிடைக்கிறது. நிலத்தின் உற்பத்தித் திறனுக்கு ஒரு எல்லை உள்ளது. அவ்வெல்லையை நாம் சுமாராகத் தீர்மானித்தும் விடலாம். தாவரத்தில் அங்ககப் பொருள்கள் உருவாக்கப்படும் பொழுது

அந்தப் பொருள் எரிகையில் எவ்வளவு வெப்பம் வெளி விடப்படுமோ அவ்வளவு வெப்பம் உறிஞ்சப்படுகிறது என்று பல தடவை நாம் கூறினோம். உதாரணமாக ஒரு தாவரம் எரியும் பொழுது 1000 அலகுகள் வெப்பத்தை வெளி விட்டால் குறைந்த பட்சம் அதே அளவாவது சூரிய வெப்பம் அந்தத் தாவரத்தின் வளர்ச்சியில் பயன்பட்டுள்ளது என்று நாம் முடிவு கட்டலாம். நாம் நிலத்துக்கு எப்படி உரமிட்டாலும் எவ்வளவுதான் பண்படுத்தினாலும் சரியே, சூரியனிலிருந்து இந்த 1000 அலகுகள் வெப்பம் மட்டும் கிடைக்காவிட்டால், நமக்கு இந்தத் தாவரம் கிடைக்காது.

இவ்விதமாக ஒரு புறம் குறிப்பிட்ட பரப்பளவு நிலத்திலிருந்து பெறப்பட்ட விளைச்சலில் உள்ள எரியும் தன்மையுள்ள பொருளின் அளவைப் (பகுப்பாய்வு மூலமாக) தெரிந்து கொண்டு, மறுபுறம் இப்பரப்பளவுள்ள நிலம் பெறும் சூரிய வெப்பத்தின் அளவை அறிந்துகொண்டால் இவற்றிலிருந்து நமது வயலில் சூரியனின் சக்தியின் வரவையும் செலவையும் கணக்கிடத் தேவையான எல்லா விவரங்களும் நமக்குக் கிடைக்கும். இதிலிருந்து நாம் எவ்வளவு சக்தியைப் பயன்படுத்துகிறோம், இன்னும் எவ்வளவு பயன்படுத்த வேண்டியிருக்கிறது என்று நாம் தீர்மானிக்கலாம். மிக அதிகமான அளவு அங்ககப் பொருளை, அதாவது மிக அதிகமான மகசூலைத் தரும் பயிர்கள் விஷயத்தில் இவ்விதக் கணக்கீடுகள் பின்வரும் முடிவைத் தருகின்றன. காடுகளில் ஓராண்டுக் காலத்தில் உண்டாகும் அதிகபட்சப் பொருள் அதிகரிப்பு, அவை வியாபித்துள்ள நிலப்பரப்பு ஆறு மாத வளர்ச்சிக் காலத்தில் பெற்ற சூரிய வெப்பத்தின் மொத்த அளவில் 1/700 பங்கு ஆகும். வேர்களின் கன அளவு அதிகரிப்பு இந்தக் கணக்கீட்டில் சேர்க்கப்படவில்லை. எருசலேம் ஆர்டிச்சோக் என்னும் மிகத் தீவிரமாகப் பயிரிடப்படும் செடி சூரியனிடமிருந்து பெறும் மொத்தச் சக்தியில் 1/180 பகுதியைத்தான் இம்முறையில் பயன்படுத்துகிறது. ரைகிராஸ் என்னும் தீனிப் புல்லின் செழிப்பான விளைச்சல் அங்ககப் பொருள் (வேர் உட்பட) சூரிய ஒளியில் 1/135 பகுதியைத் தான் சேமிக்கிறது. கடைசியாக, ஓட்ஸ், ரை (தானியம், வைக்கோல், வேர் மிச்சங்கள்) போன்ற பயிர்களின் மகசூல் சூரியனிடமிருந்து

பெறும் சக்தியில் 1/80 பகுதியாக விளங்குகிறது. இவ்விதமாக வளரும் கட்டத்தில் காடுகள், வயல்களின் பரப்பு மீது விழும் மொத்தச் சூரிய ஒளியில் தாவரங்கள் மூலம் சுமாராக 1/1000 லிருந்து 1/100 வரைதான் நாம் பெற முடியும்.[1] எனவே உற்பத்தித் திறனின் எல்லையை அடைவதற்கு முன்பு நாம் விவசாய முறைகளை அபிவிருத்தி செய்து விளைச்சலை நூறு, ஏன் ஆயிரம் மடங்கு அதிகரிக்கச் செய்ய முடியுமா? சூரியனிடமிருந்து பெறும் சக்தி முழுவதையும் சேமித்து வைக்கத் தாவரத்தால் முடியுமா? நிச்சயமாக முடியாது. நமக்குத் தெரிந்த அளவிற்கு எந்த இயந்திரமும் அங்கஜீவியும் இந்த செயலைச் செய்வதில்லை. எதுவுமே தான் பெறும் சக்தி முழுவதையும் பயனுள்ள வேலையாக மாற்றுவதில்லை. தாவர உற்பத்தித் திறனின் உடலியல் வரம்பு பௌதிக வரம்புக்குப் பொருந்த முடியாது என்பதை நிரூபிப்பதற்கு இந்தக் காரணம் ஒன்றே போதுமானது. மேலே குறிப்பிட்ட புள்ளிவிவரங்கள் யாவும் பல்வேறு சாகுபடிப் பயிர்களின் விளைச்சல்களிலிருந்து பெற்றவை. இவற்றிற்கு மாறுகப் பின்வரும் மறுப்பு தெரிவிக்கப் படலாம். வயல் தாவரங்கள் மிகுந்த செவ்வைப்பாடுள்ள உறிஞ்சும் பரப்பைப் பெற்றிருந்த போதிலும் தாம் பெறும் சூரிய ஒளி முழுவதையும் அவை உறிஞ்சுவதாகக் கூற முடியாது. பின்வரும் பரிசோதனை இக்கண்ணோட்டப்படி நம்பத் தகுந்த புள்ளிவிவரங்களைத் தருகிறது. துல்லியமாக அளக்கப்பட்ட பரப்பளவுள்ள பச்சை இலைகளை சூரிய ஒளியில் வைக்க வேண்டும். ஒரு மணி நேரத்தில் மிக நல்ல ஒளியில் இந்த இலைகள் சிதைக்கும் கார்பனிக அமிலத்தின் அளவைப் பகுப்பாய்வு மூலம் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். அதே சமயத்தில் இலையின் குறிப்பிட்ட பரப்பு ஒரு மணியில் பெறும் சூரிய வெப்பத்தின் அளவையும் அளக்க வேண்டும். இவற்றிலிருந்து சக்தி உறிஞ்சப்படுவதற்கும் கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைப்பதற்கு அது பயன்படுவதற்கும் உள்ள இயைபைக்

[1] இந்த எண்ணிக்கைகள் அவ்வளவு துல்லியமானவையல்ல என்பது தெளிவு. குறிப்பிட்ட நிலப்பரப்பு பெறும் சூரிய வெப்பத்தைக் குறிக்கும் எண் பூலியேயின் புள்ளி விவரங்களிலிருந்து எடுக்கப்பட்டது. அது சுமாராகத்தான் சரியானது.

கணக்கிடத் தேவையான எல்லாப் புள்ளிவிவரங்களும் கிடைக்கும். இது போன்ற நேரடிப் பரிசோதனைகளிலிருந்து சராசரியாகப் பெற்ற மொத்த சக்தியில் 1/100 பகுதிதான் சிதைப்பதற்காகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது என்று தெரிந்தது. மிகச் சிறப்பான சந்தர்ப்பத்தில் 1/55 பகுதி பயன்படுத்தப் பட்டது. இந்த அளவை 1/30 ஆகவும் உயர்த்தலாம் என அண்மையில் செய்யப்பட்ட சில கணக்கீடுகள் காட்டுகின்றன. இந்தக் கடைசி எண் உடலியல் ரீதியான உற்பத்தித் திறனின் எல்லையைக் குறிக்கிறது எனக் கருதலாம். ஏனென்றால் இப்பரிசோதனைகளில் தாவரங்கள் மிக வாய்ப் பான சூழ்நிலைகளில் வைக்கப்பட்டிருந்தன. இம்முறையில் நமது மிகத் தீவிரமான சாகுபடிப் பயிர்கள் யாவும் நாம் உடலியல் எல்லை எனக் குறிப்பிட்டதை நெருங்கிவிட்டன என்று தெரிகிறது. உடலியல் எல்லை என்பது குறிப்பிட்ட அளவு நிலத்திலிருந்து தாவரத்தின் வாயிலாகப் பெறக் கூடிய அங்ககப் பொருளின் அதிகபட்ச அளவு ஆகும்.

இந்த எல்லையில்கூட 1/100 பகுதியோ அல்லது 1/30 பகுதியோதான் சேமித்து வைக்கப்படுகிறது. பின்வரும் உண்மையை நாம் கவனிக்கும் பொழுது இது ஒன்றும் நமக்கு வியப்பாக இல்லை. மனிதனுக்குப் பயனுள்ள பொருளை உற்பத்தி செய்யும் வேலை தவிர, தாவரங்களில் மனிதனுக்குப் பயன் தராத பல வேலைகள் நடைபெறுகின்றன.[1] முதலாவ தாகத் தாவரம், தன் வாழ்நாளில் ஏராளமான அளவு தண்ணீ ரை ஆவியாக்குகிறது. இதற்குரிய கணக்கீடுகளைக் கொடுத் தால் நீங்கள் நம்பவே மாட்டீர்கள். இவ்வளவு பெரும் அளவு நீரை ஆவியாக்குவதற்கு, கார்பனிக அமிலத்தைச் சிதைப்பதற்குத் தேவைப்படுவதைவிட அதிக வெப்பம் தேவை. ஆகையினால் அங்ககப் பொருளை உருவாக்கும் லாபகர

---

[1] சூரியனின் ஒளி முழுவதையும் இலை உறிஞ்ச முடியாது என்பது மிக முக்கியமானது. அவ்வாறு இருந்தால் இலை கறுப் பாக இருக்கும், பச்சையாக இருக்காது. தற்கால ஆராய்ச்சி களின்படி, கதிர் வீசல் சக்தியில் 25 சதவீதத்தைத்தான் இலை உறிஞ்சுகிறது. இது அதன் பௌதிக எல்லை. 3.3 சதவீதம் உடலியல் பரிசோதனைகளில் பயன்படுகிறது, ஒரு சதவீதம் வயலில் பயன்படுகிறது.

மான வேலை தவிர தாவரம் மனிதனுக்குப் பிரயோஜனம் இல்லாத ஆவியாக்கும் வேலையில் இன்னும் அதிகச் சக்தியைச் செலவிடுகிறது. இது தாவரத்துக்கு யாவற்றிலும் முக்கிய மானதாக இருப்பினும், தாவரத்தில் சக்தி செலவிடப்படும் ஒரே வேலை இது மட்டுமல்ல. தாவரம் நீரை மண்ணி லிருந்து உறிஞ்சுகிறது. எனவே அது நீரைக் குறிப்பிட்ட உயரத்திற்கு ஏற்ற வேண்டியிருக்கிறது. இந்த வேலையை அடிகிலோகிராம் என்னும் அளவில் குறிக்கலாம். இது வயல் செடிகளில் அவ்வளவு முக்கியமானதல்ல, ஆனால் மரங்களில் மிக முக்கியமானது.[1] ஒரு தாவரவியல் அறிஞரின் கருத்துப் படி, ஆஸ்திரேலிய யூகாலிப்டஸ் மரம் கியோப்சின் பிரமிட் உச்சியில் நிழல் விழும் அளவிற்கு உயரமானது. இது போன்ற ராட்சத மரங்களால் காடுகளில் ஆவியாக்கப்படும் மிகப் பெரும் அளவு நீரை மேலேற்றுவது எவ்வளவு பிரமாண் டமான வேலை என்பதை நீங்களே கற்பனை செய்து கொள்ளலாம். தண்ணீரை இழுத்தல், ஆவியாக்குதல் போன்ற வேலைகள் சூரியனிடமிருந்து நேராகப் பெற்ற சக்தியை மட்டுமே கொண்டு நிகழுவதில்லை. எனினும் கணிசமான அளவு இவ்வாறு நிச்சயமாக வழங்கப்படுகிறது. இது போன்று உபயோகமற்ற செயலில் சூரியச் சக்தியின் செலவோடு மற்றொரு செலவும் சேருகிறது. தாவரம் தன் வாழ்நாளில் சேமித்து வைத்த அங்ககப் பொருள் முழுவதை யுமே நாம் பயன்படுத்த முடியாது. ஏனென்றால் அது தானே அந்தப் பொருளின் ஒரு பகுதியைப் பயன்படுத்துகிறது, எரிக்கிறது. இம்முறையில் தாவரம் இப்பொருளில் 1/20 பகுதியைப் பயன்படுத்துகிறது எனலாம். அப்பொருளைச் சேமிக்கத் தாவரம் இருபது அடி முன்னேறினால் ஒரு அடி பின்னடைகிறது என்று நாம் கூறலாம்.

சூரிய ஒளியின் சக்தி வீணாவது குறித்து இது வரைக்கும் நாம் கூறிய எல்லாக் காரணங்களும் அங்ககப் பொருள்களை உற்பத்தி செய்வதற்குத் தாவரம் என்ன செலவிடுகிறது

---

[1] சாறு பெருத்த உயரத்துக்கு ஏற்றப்படுவது பொருள் உற்பத்தியைப் பொறுத்த மட்டிலும் தான் லாபமற்ற வேலை. ஆனால் இது வீடு கட்டும் மரம் தருவதால் மிக முக்கியமான வேலையாகும்.

என்பதைக் காட்டுகின்றன. எனவே, சூரியனின் சக்தியைப் பயன்படுத்தத் தாவரம் மிகச் செவ்வைப்பாடுள்ள கருவியாக இருந்த போதிலும் அது ஏராளமான சக்தியைப் பயன்படுத்தாமல் விட்டு விடுகிறது. சூரியனிடமிருந்து தான் பெறும் மொத்தச் சக்தியில் 1/100 அல்லது 1/200 அளவு தான் அது மனிதனுக்குப் பயனுள்ளதாக மாற்றிக் கொடுக்கிறது. மனிதன் இப்பிரச்சினையைச் சமாளிக்க வேண்டுமானால் தாவரத்தைச் சீர்திருத்த வேண்டும், அல்லது வருடம் முழுவதும் வேலை செய்யக் கூடியதும் இதைவிட அதிகமான சக்தியைச் சேமிப்பதுமான மற்றொரு கருவியை மனிதன் கண்டு பிடிக்க வேண்டும். இதில் எந்த அளவிற்கு அவன் வெற்றி பெறுவான் என்பதை வருங்காலம் தான் தீர்மானிக்க வேண்டும். இதுவரை பயிரிடப்படாத நிலங்களிலிருந்து இந்தச் செயற்கைக் கருவியின் மூலம் மிகவும் செழிப்பான பயிர் விளைச்சல் தரும் அங்ககப் பொருளை விட நூறு மடங்கு அதிகமான பொருளை மனிதன் பெற முடியும் போது தான் எல்லையை அடைந்துவிட்டதாக அவன் கூற முடியும். இதற்கு மேற்கொண்டு அவன் செல்ல முடியாது. இதற்கு மேற்கொண்டு மண்ணிலிருந்தோ அல்லது தனது கலையிலிருந்தோ அதிகப்படியாக எதையும் அவன் கோர முடியாது. ஏனென்றால் அதிகமான உணவோ எரிபொருளோ எதுவாக இருந்தாலும் அவனுக்கு மேற்கொண்டு கிடைக்காது. ஏனெனில் சூரியன் இதற்குமேல் எதையுமே கொடுக்க முடியாது. அப்பொழுது மால்தஸின் விதி தன் பயங்கரமான பொருத்தத்துடன் தோற்றமளிக்கும். மனித இனம் பிறப்பையும் இறப்பையும் கட்டுப்படுத்தியே தீர வேண்டி வரும். இனவிருத்தி செய்வதற்கு முன்பு, சாவு வீதத்தை மனிதன் கணக்கெடுக்க வேண்டி வரும். இதைப் பல பொருளாதார நிபுணர்கள் ஏற்கனவே கூறியுள்ளனர். நேரான பொருளில் ஒரு அதிகப்படி வாய் கூட இயற்கையின் விருந்தில் இடம் பெற முடியாது. இந்த எல்லையை மனித குலம் அடையுமா? ரசாயனத் தொகுப்பு முறையின் எந்தப் புதிய செயல்முறை கொண்டு வருங்கால பெர்திலாட்கள் மனித குலத்துக்கு நன்மை செய்வார்கள்? வருங்கால மூஷோக்களும், எரிக்ஸன்களும், எந்த விதமான சூரிய இயந்திரங்களை அமைப்பார்கள்?

யார் சொல்ல முடியும்? அந்தக் காலத்தில் பூமியில் எல்லாமே வருந்தத்தக்க நிலையிலிருக்கும் என்று மட்டும் நிச்சயமாகக் கூற முடியும். மனிதன் தற்பொழுது போன்று அல்லாமல், சூரிய ஒளியின் சக்தி முழுவதையும் பயன்படுத்தும் கட்டத்தை அடைந்தவுடன், பசுமையான வயல்கள், காடுகள் போன்றவற்றிற்குப் பதிலாக ஒரே மாதிரியான கறுப்பான செயற்கை ஒளி உறிஞ்சிகள் தாம் பூமியில் நிறைந்திருக்கும். கெல்வின் பிரபு பூமி குளிரால் அழியும், உலகம் முழுவதும் பனியால் மூடப்படும் என்று யூகித்துக் கூறினர். ஆனால் இந்த யூகம் ஒரு சிலரைத் தவிர மற்றவர்களுக்கு அச்சம் தரவில்லை என்று நான் கருதுகிறேன். அது நமது காலத்துக்கு வெகு பின்னரே வரும். எனக்குப்பின் உலகம் இருந்தாலென்ன, போனாலென்ன என்று பொருள்படும் பழமொழியை நாம் அறிவோம். எனினும் பூமி முழுவதுமே தொழிற்சாலையாக மாற்றப்பட்டு விடும்போது வாழ்க்கை எப்படியிருக்கும் என்று எண்ணுகையில் நமக்கு உடல் பதறுகிறது. விடுமுறை நாளில் கூட, ஒரு மணி நேரம் கூடத் திறந்த வெளியில் பொழுதுபோக்க இடம் இல்லை என்றால் கவலையாகத் தான் இருக்கிறது.

தொலைவிலுள்ள வருங்காலத்தைப் பற்றிய இந்த துன்ப கரமான, கற்பனை வர்ணனையிலிருந்து இவ்விரிவுரையின் ஆரம் பத்தில் கேட்கப்பட்ட கேள்விக்குத் திரும்புவோம். இந்தக் கேள்விக்கு இப்பொழுது நாம் முழுவதுமாகவும் முறையாக வும் விடையளிக்க முடியும். அதைப் பின்வரும் உருவகத்தில் கூறுவோம். ஒரு காலத்தில் பூமியில் எங்கோ ஒரு பகுதியில் சூரியனின் கதிர் ஒன்று விழுந்தது. அது வளமற்ற மண்ணில் விழவில்லை. கோதுமைச் செடியின் பசுந்தாளில் அல்லது பசுங்கணிகத்தில் பட்டது. கணிகத்தில் பட்டதும் கதிர் அவிந்து விட்டது. அது ஒளியாயிருப்பது நின்றுவிட்டது, ஆனல் அது அழிந்து விடவில்லை. அது கணிகத்துக்குள் செய்த வேலையில் பயன்படுத்தப்பட்டு விட்டது. அது கார்பனிக அமிலத்தில் இணைந்துள்ள கார்பன், ஆக்ஸிஜன் ஆகியவற்றின் அணுக்களின் தொடர்பை அறுத்தது. வெளிப்படுத்தப்பட்ட கார்பன் ஏதோவொரு வழியில் நீருடன் கலந்து ஸ்டார்ச்சை உருவாக்கியது. இந்த ஸ்டார்ச் சர்க்கரையாக மாற்றப்பட்

டது. நாவரத்துக்குள் பல சுற்றுப் பயணங்களுக்குப் பின்பு தானியத்தினுள் ஸ்டார்ச் அல்லது குளூட்டன் என்னும் பொருளாகப் படிந்தது. அது நமது உணவான ரொட்டியின் அமைப்பிய் பங்கு பெற்றது. அது நமது தசைகளாகவும் நரம்புகளாகவும் மாற்றப்பட்டது. இரத்தத்தினுல் நமது உடலின் எல்லாப் பகுதிகளுக்கும் கொண்டு செல்லப்படும் ஆக்ஸிஜனுடன் நமது உடலில் உள்ள கார்பனின் அணுக்கள் இணைய முயற்சி செய்கின்றன. இந்த அணுக்களில் இது வரைக்கும் இரசாயன பிகுவின் வடிவத்தில் இருந்த சூரியனின் கதிர் இப்பொழுது உண்மையான சக்தியின் (இயங்கு சக்தி) வடிவத்தைப் பெறுகிறது. இந்தக் கதிர் தான் நம் உடலுக்கு சூடு தருகிறது. இதனுல்தான் நாம் இயங்குகிறோம். அது நமது மூளையில் தற்பொழுது ஒளிவிட்டுக் கொண்டிருக்கலாம்.

நமது கேள்விக்கு விஞ்ஞானம் தரக் கூடிய மிக விரிவான பதில்தான் இந்த உருவகம். இதை நாம் சுருக்கமாக ஒரு சில சொற்களில் கூறி விடலாம். நமது உடலில் உணவு சக்தியின் மூலமாக விளங்குகிறது. ஏனென்றுல் அது சூரிய ஒளியின் சேமிப்பு.

இந்த முடிவின் விஞ்ஞான முக்கியத்துவம் தெளிவானதே. விஞ்ஞான உண்மைகளில் கவனம் செலுத்தாதவர்கள் கூட இதை விரும்புவார்கள். விஞ்ஞானியின் வறண்ட வேலையை ஏக்கத்துடன் நோக்கும் கனவுகாணும் கவிஞன் தானும் தனது கற்பனையின் அருவப் படைப்புக்கள் போன்றே காற்றுலும் ஒளியாலும் இயன்ற நுண்ணியன் என விஞ்ஞானியிடமிருந்து அறிந்து மகிழ்ச்சி அடைவான். பரம்பரைப் பெருமையினுல் கர்வம் கொள்ளும் பிரபு விஞ்ஞானத் துறையில் உழைப்பவர்களை வெறுப்புடன் பார்க்கிறுன். ஆனுல், சீனச்சக்கரவர்த்தி போன்றே தன்னைச் ''சூரியனின் மகன்'' என்று கூறிக்கொள்ளும் உரிமையை விஞ்ஞானம் தனக்கு அளிக்கிறது என்று கேள்விப்பட்டதும் அதே விஞ்ஞானத்திற்கு அவன் அதிக மரியாதை காட்டுவான்.[1]

---

[1] ஹெல்ம்ஹோல்ட்ஸ்: ''இயற்கைச் சக்திகளின் பரஸ்பரப் பாதிப்பு.''

கலைச் சொல் வரிசை